

GLAUCIA MARIA DOS SANTOS SILVA FERREIRA

**ESTRATIGRAFIA DE DEPÓSITOS QUATERNÁRIOS EM CABECEIRA  
DE VALE (CERRO DO TOURO, CAMPO ALEGRE – SC): APLICAÇÃO  
DA ANÁLISE TEXTURAL E MICROMORFOLÓGICA**

Florianópolis  
2009

**Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro de Filosofia e Ciências Humanas  
Programa de Pós-graduação em Geografia**

**Glaucia Maria dos Santos Silva Ferreira**

**Estratigrafia de Depósitos Quaternários em Cabeceira de Vale (Cerro do Touro,  
Campo Alegre – SC): Aplicação da Análise Textural e Micromorfológica**

**Orientador: Marcelo Accioly Teixeira de Oliveira**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

Área de concentração: Conservação e Utilização dos Recursos Naturais

Florianópolis/SC, março de 2009



**Estratigrafia de Depósitos Quaternários em Cabeceira de Vale (Cerro do Touro,  
Campo Alegre – SC): Aplicação da Análise Textural e Micromorfológica**

**Glaucia Maria dos Santos Silva Ferreira**

Coordenador: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Carlos José Espíndola

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, área de concentração Conservação e Utilização dos Recursos Naturais, do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina, em cumprimento aos requisitos necessários à obtenção do grau acadêmico de Mestre em Geografia.

Presidente: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Marcelo Accioly Teixeira de Oliveira (UFSC)

Membro: \_\_\_\_\_

Prof. Dr<sup>a</sup>. Gisele Camargo (Unicentro - Guarapuava)

Membro: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Joel Pelerin (UFSC)

***À Deus seja dada a glória, honra e louvor,  
por tudo que tem feito em minha vida.  
Minha gratidão, pois foi Ele quem me  
sustentou até aqui.***

## **AGRADECIMENTOS**

Meu especial agradecimento ao meu amado esposo Marcelo, pelo apoio e incentivo ao longo de toda a minha vida acadêmica. Aos meus filhos Júlia e Vitor que já na vida “intra-uterina” estiveram juntos comigo nessa jornada. A toda minha família pela compreensão e carinho. Ao meu orientador Marcelo Accioly Teixeira de Oliveira pela paciência e dedicação neste trabalho. Aos meus amigos e colegas de laboratório Gisele, Renata e Ney, por toda ajuda, além do companheirismo, conselhos e desabafos. A todos que de alguma forma me ajudaram, meus sinceros agradecimentos.

## RESUMO

Neste trabalho apresentamos estudo sobre análise de processos deposicionais quaternários em área de cabeceira de vale na localidade do Cerro do Touro, Campo Alegre (SC). As técnicas da micromorfologia de solos e da análise textural, mecânica e ótica, foram aplicadas e demonstraram forte potencial para a interpretação de processos deposicionais e pedológicos em ambiente de encosta. A individualização de unidades sedimentares contribuiu para explicar a gênese das estruturas observadas e favoreceu a formulação de hipóteses. Resultados sedimentológicos e micromorfológicos complementam as pesquisas realizadas na área de estudo e indicam mudanças ambientais locais que coincidem com eventos climáticos relacionados ao último ciclo glacial e ao Holoceno. A estratigrafia das seções estudadas mostra lentes colúvio-aluviais intercaladas a horizontes de solo ocorrendo desde o Pleistoceno Superior até o Holoceno. A utilização de dados sedimentológicos e micromorfológicos indica mudança paleoidrológica nos depósitos estudados. Ambos os resultados foram complementares na interpretação do ambiente sedimentar. Embora a aplicação da terminologia da micromorfologia de solos não tenha possibilitado a interpretação de processos sedimentológicos, sua análise favoreceu inferências sobre o avanço da erosão na área fonte e sobre a atuação de processos diagenéticos nos depósitos de baixa encosta. O detalhamento das unidades deposicionais holocênicas sugere período de erosão em encosta local, com indícios de aprofundamento da erosão, atravessando solos e chegando a rocha alterada e pouco desagregada. Fluxos de intensidade variável constituídos de materiais que podem ser classificados alternadamente como coluviais e aluviais sugerem ambiente de aggradação em leques aluviais. Os resultados apresentados contribuem para a caracterização paleoidrológica das unidades estudadas.

Palavras-chave: Quaternário; Processos Depositionais; Interpretação Paleoidrológica.

## **ABSTRACT**

The study presents the analysis of quaternary deposits described in a clay quarrel, where sedimentary layers accumulated in a valley head environment, at Cerro do Touro locality (Santa Catarina State, Brazil). Techniques of soil micromorphology and textural, mechanical and optical analysis were applied and show a strong potential for the interpretation of sedimentological and pedological processes in a foot slope environment. The individualization of sedimentary units contributed to explain the genesis of the observed structures and collaborated to the formulation of evolutionary hypothesis. Sedimentological and micromorphological results indicate local environmental changes related with climatic events of the last glacial cycle and the Holocene. Stratigraphy shows colluvial and alluvial lenses intercalated to soil horizons of Upper Pleistocene and Holocene ages. Details of the holocenic sedimentary units suggest the slope was deeply eroded, affecting pedogenetic soils and weathered mantles (saprolite). Flows of variable intensity are supposed to have created deposits which may be alternatively classified as colluvial and alluvial, during a process of aggradation drove by alluvial fans during the Mid Holocene. The results obtained contribute to the paleoenvironmental characterization of the studied area.

**Keywords:** Quaternary; Sedimentary environment; Paleoenvironmental interpretation.

## LISTA DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| FIGURA 1: Mapa de localização da área de estudo.....   | 18  |
| FIGURA 2: Imagem da paisagem em torno da área de estudo.....   | 19  |
| FIGURA 3: Mapa apresentando o modelo digital de elevação em torno da área de estudo.....                                       | 21  |
| FIGURA 4: Esquemática do efeito de Foehn, modificado de DONN (1978).   | 21  |
| FIGURA 5: Representação esquemática da cabeceira de vale adaptado de Cosandey & Oliveira (1996) e Oliveira et. al. (2006)..... | 23  |
| FIGURA 6: Foto do interior de mina de argila, onde camadas colúvio-aluviais estão intercaladas com horizontes de solo.....     | 24  |
| FIGURA 7: Representação esquemática da seção estratigráfica em área de cabeceira de vale.....                                  | 25  |
| FIGURA 8: Estágios isotópicos de oxigênio e variação do nível do mar nos últimos 140.000 anos.....                             | 32  |
| FIGURA 9: Tipos de gradação segundo Pettijohn (1963). ....   | 64  |
| FIGURA 10: Variação dos tipos de gradação.....   | 64  |
| FIGURA 11: Síntese da abordagem metodológica de associação de aspectos sedimentológicos e micromorfológicos.....               | 69  |
| FIGURA 12: Diagrama triangular para a classificação de sedimentos proposta por FLEMMING (2000).....                            | 88  |
| FIGURA 13: Diagrama de classificação textural de Shepard (1954).....   | 90  |
| FIGURA 14: Desenho esquemático do reticulado utilizado na estimativa do tamanho dos constituintes.....                         | 95  |
| FIGURA 15: Planta planialtimétrica da área de mineração de caulim no Cerro do Touro, Campo Alegre (SC).....                    | 103 |
| FIGURA 16: Foto das seções A e B após avanço da mineração.....   | 105 |
| FIGURA 17: Representação esquemática da Seção A.....   | 105 |
| FIGURA 18: Representação da Seção B.....   | 105 |

|  |     |
|--|-----|
| FIGURA 19: Representação da seção “C” e a localização das seções descritivas.....  | 105 |
| FIGURA 20: Foto da área de estudo mostrando a inclinação da topografia e a coloração dos materiais (Hidromorfia X Oxidação).....                             | 106 |
| FIGURA 21: Fotos de trincheira aberta e perfis analisados.....   | 107 |
| FIGURA 22: Representação das características sedimentológicas da seção estudada.....   | 110 |
| FIGURA 23: Foto mostrando as características das unidades 1 e 2.....   | 111 |
| FIGURA 24: Foto da trincheira aberta no setor NO-SE, mostrando as unidades 2, 3 e 4.....   | 112 |
| FIGURA 25: Foto do perfil estratigráfico da Seção NE-SO.....   | 113 |
| FIGURA 26: Foto da transição entre as unidades 4 e 5.....  | 114 |
| FIGURA 27: Foto mostrando características da unidade 5 como Clastos Alterados (CA) e Pedorrelíquias (Pd).....  | 114 |
| FIGURA 28: Foto da unidade 6, mostrando camada cascalhosa e clastos alterados (CA).....  | 115 |
| FIGURA 29: Testemunho coletado na unidade 7.....   | 116 |
| FIGURA 30: Representação esquemática da seção e as localizações das amostragens para as análises texturais.....  | 119 |
| FIGURA 31: Distribuição granulométrica do percentual de grossos e finos da unidade 2.....  | 120 |
| FIGURA 32: Variação do índice granulométrico Argila / >Silte (materiais mais finos que argila / materiais mais grossos que silte) ao longo da unidade 2..... | 121 |
| FIGURA 33: Detalhamento da variação do índice granulométrico Argila / >Silte ao longo da seqüência inferior da unidade 2.....                                | 122 |
| FIGURA 34: Detalhamento da variação do índice granulométrico Argila/>Silte ao longo da seqüência superior da unidade 2.....                                  | 123 |
| FIGURA 35: Distribuição das amostras da unidade 2 no diagrama ternário de Flemming.....  | 124 |
| FIGURA 36: Diagrama com as porcentagens totais de areia e lama das amostras das unidades 3 e 4.....  | 125 |

|   |     |
|---|-----|
| FIGURA 37: Variação do índice granulométrico Argila / >Silte (materiais mais finos do que argila / materiais mais grossos do que silte) nas unidades 3 e 4... | 126 |
| FIGURA 38: Gráfico dos índices granulométricos das unidades 2, 3 e 4.....   | 127 |
| FIGURA 39: Gráfico com detalhamento da escala dos índices granulométricos da base da U2 e das unidades 3 e 4.....   | 127 |
| FIGURA 40: Resultado da plotagem das amostras analisadas no Diagrama Triangular de Flemming (2000).....   | 128 |
| FIGURA 41: Gráfico do percentual de cascalho, areia e lama (silte e argila) da unidade 5.....   | 130 |
| FIGURA 42: Variação do índice granulométrico de materiais menores que argila e materiais maiores do que silte da unidade 5.....                               | 131 |
| FIGURA 43: Variação do índice granulométrico de lama e grossos da unidade 5.....  | 131 |
| FIGURA 44: Gráficos da variação percentual de Cascalho, Areia e Lama da unidade 6.....  | 132 |
| FIGURA 45: Variação do índice granulométrico (Argila / >Silte) na unidade 6.....  | 133 |
| FIGURA 46: Variação do índice granulométrico (Lama / Grossos) da unidade 6.....   | 133 |
| FIGURA 47: Gráficos do percentual de grossos e finos da unidade 7.....  | 134 |
| FIGURA 48: Índice granulométrico (Argila/>Silte) da unidade 7.....  | 135 |
| FIGURA 49: Variação do índice granulométrico (Lama / Grossos) da unidade 7.....   | 135 |
| FIGURA 50: Plotagem das amostras das unidades 5, 6 e 7 no triângulo de Flemming (2000) e no triângulo de Shepard (1954).....                                  | 136 |
| FIGURA 51: Seqüência dos testemunhos (fatias) das unidades estratigráficas 5, 6 e 7.....  | 138 |
| FIGURA 52: Representação esquemática das características litológicas da seção estratigráfica e a localização da coleta de amostras para análise.....          | 141 |
| FIGURA 53: Seqüência de fatias dos testemunhos coletados nas unidades estratigráficas 5, 6 e 7.....   | 142 |



|  |     |
|--|-----|
| FIGURA 54: Classificação das estruturas sedimentares da unidade 5.....   | 144 |
| FIGURA 55: Classificação das estruturas sedimentares da unidade 6.....   | 146 |
| FIGURA 56: Classificação das estruturas sedimentares da unidade 7.....   | 148 |
| FIGURA 57: Gráficos com resumo da descrição macroscópica nas unidades 5, 6 e 7 (Classificação das Camadas Sedimentares, Dimensão Granulométrica, Seleção e Orientação da Fábrica Clástica).....                          | 150 |
| FIGURA 58: Gráficos com resumo da descrição macroscópica nas unidades 5, 6 e 7 (Laminações e Gradação dentro das subunidades, Percentual de Grossos e Arredondamento) .....  | 151 |
| FIGURA 59: Representação gráfica da distribuição do esqueleto e do contato entre grãos.....  | 158 |
| FIGURA 60: Gráfico do grau de esfericidade dos grãos minerais e dos clastos alterados (CA) nas unidades 5, 6 e 7.....  | 159 |
| FIGURA 61: Representação Gráfica da Rugosidade de grãos minerais e dos clastos alterados das unidades 5, 6 e 7.....  | 160 |
| FIGURA 62: Fotomicrografias (em 40X) da constituição do esqueleto nas unidades 5, 6 e 7.....   | 162 |
| FIGURA 63: Fotomicrografias (ampliadas 40X) dos tipos de clastos alterados encontrados nas unidades 5, 6 e 7.....  | 165 |
| FIGURA 64: Representação gráfica da orientação de base geral entre as unidades 5, 6 e 7.....   | 168 |
| FIGURA 65: Fotomicrografias (em 40X e com nicóis paralelos - NP) mostrando, da esquerda para a direita (A-D), aumento da frequência de microagregações originadas por fissuramentos transminerais pós-deposicionais..... | 170 |
| FIGURA 66: Gráfico da quantidade de unidades apédicas e com pedalidade nas unidades 5, 6 e 7.....  | 171 |
| FIGURA 67: Fotomicrografias (em 40X) dos pedotúbulos observados.....   | 172 |
| FIGURA 68: Fotomicrografias dos cutãs encontrados nas unidades 5, 6 e 7....  | 173 |
| FIGURA 69: Fotomicrografias (em 40X) das impregnações observadas na matriz.....  | 175 |

## LISTA DE QUADROS

|   |     |
|---|-----|
| QUADRO 1: Classificação de processos de encosta.....  | 43  |
| QUADRO 2: Estruturas sedimentares primárias de origem inorgânica, baseada na morfologia e no período de sua formação, segundo a classificação de Selley (1988)..... | 57  |
| QUADRO 3: Tipos de origem do plasma (CASTRO, 2002).....   | 75  |
| QUADRO 4: Classificação de feições pedológicas modificado de Bullock et al. (1985) e Brewer (1964).....   | 80  |
| QUADRO 5: Classificação textural proposta por Flemming (2000) segundo a porcentagem de sedimentos.....  | 89  |
| QUADRO 6: Nomenclatura que sintetiza as espessuras de estratos (ou camadas) e lâminas (Lucci, 1992).....  | 93  |
| QUADRO 7: Características físicas das unidades que compõem a Seção estratigráfica estudada.....   | 108 |
| QUADRO 8: Classificação textural das subunidades das unidades estratigráficas 5, 6 e 7, segundo Flemming (2000) e Shepard (1954).....                               | 137 |
| QUADRO 9: Resultado da descrição de poros transagregados.....   | 156 |
| QUADRO 10: Descrição dos poros interagregados formadores de agregação..   | 157 |
| QUADRO 11: Composição do esqueleto e freqüência.....  | 163 |
| QUADRO 12: Resumo descritivo das Alterorrelíquias.....  | 165 |
| QUADRO 13: Resultado da distribuição do esqueleto.....  | 167 |
| QUADRO 14: Resultado da descrição do plasma matricial.....  | 169 |
| QUADRO 15: Características da pedalidade das unidades 5, 6 e 7.....   | 171 |
| QUADRO 16: Resumo da descrição de Pedotúbulos.....  | 174 |
| QUADRO 17: Resumo da descrição de Cutãs.....  | 174 |
| QUADRO 18: Resumo da descrição dos Nódulos, Pedorrelíquias e Litorrelíquias.....  | 177 |

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>15</b> |
| <b>2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>  | <b>18</b> |
| 2.1 ASPECTOS GERAIS .....   | 18        |
| 2.2 A SEÇÃO ESTRATIGRÁFICA NO CERRO DO TOURO .....  | 23        |
| <b>3. OBJETIVOS.....</b>  | <b>27</b> |
| 3.1 OBJETIVO GERAL .....  | 27        |
| 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....   | 27        |
| <b>4. AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO QUATERNÁRIO E SEU REGISTRO SEDIMENTAR.....</b>                  | <b>28</b> |
| 4.1 ESTUDO DO REGISTRO SEDIMENTAR QUATERNÁRIO .....   | 31        |
| 4.2 ESTUDO DO QUATERNÁRIO CONTINENTAL NO BRASIL .....   | 33        |
| 4.3 O ESTUDO DO QUATERNÁRIO EM ÁREAS DE CABECEIRAS DE VALE .....                                | 36        |
| 4.4 OS REGISTROS QUATERNÁRIOS NO CERRO DO TOURO - SC .....                                      | 40        |
| <b>5. PROCESSOS EROSIVOS E DEPOSICIONAIS EM ENCOSTAS E AS ÁREAS DE CABECEIRAS DE VALE .....</b> | <b>43</b> |
| 5.1 PROCESSOS E MATERIAIS QUE RECOBREM AS ENCOSTAS.....   | 43        |
| 5.2 PROCESSOS EROSIVOS E DEPOSICIONAIS EM ÁREAS DE CABECEIRAS DE VALE.....                      | 49        |
| <b>6. ESTRUTURAS SEDIMENTARES COMO INDICADORES PALEOAMBIENTAIS .....</b>                        | <b>52</b> |
| 6. 1 AS ESTRUTURAS SEDIMENTARES E SUA CLASSIFICAÇÃO .....                                       | 56        |
| 6.2.1 Estruturas Sedimentares Primárias Pré-deposicionais.....                                  | 59        |
| 6.2.2 Estruturas Sedimentares Primárias Sindeposicionais .....                                  | 60        |
| 6.2.3 Estruturas Sedimentares Primárias Pós-deposicionais .....                                 | 65        |

|   |            |
|---|------------|
| 6.2.4 Miscelâneas.....  | 66         |
| <b>7. APLICAÇÃO DA MICROMORFOLOGIA DE SOLOS AO ESTUDO DE ESTRUTURAS SEDIMENTARES.....</b> | <b>68</b>  |
| 7.1 APLICAÇÃO DA MICROMORFOLOGIA DE SOLOS PARA DETERMINAÇÃO DE PROCESSOS DE ENCOSTAS..... | 70         |
| 7.2 CONSTITUINTES DOS SOLOS E SEDIMENTOS: ASPECTOS MICROMORFOLÓGICOS.....                 | 72         |
| <b>8. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>  | <b>84</b>  |
| 8.1 ATIVIDADES DE CAMPO.....  | 84         |
| 8.2 ATIVIDADES LABORATORIAIS.....   | 85         |
| 8.2.1 Caracterização dos Materiais.....   | 85         |
| 8.2.2 Preparo de Material para Análise Macro e Microscópica.....                          | 91         |
| 8.2.3 Análise Macroscópica de Sedimentos.....   | 93         |
| 8.2.4 Análise Micromorfológica de Sedimentos.....   | 94         |
| <b>9. RESULTADOS.....</b>   | <b>101</b> |
| 9.1 PRINCIPAIS UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS: CARACTERÍSTICAS E INTERPRETAÇÕES.....            | 102        |
| 9.2 ANÁLISES TEXTURAIS.....   | 118        |
| 9.3 ANÁLISE DE ESTRUTURAS SEDIMENTARES EM TESTEMUNHOS HOLOCÊNICOS.....                    | 141        |
| 9.4 ANÁLISE MICROMORFOLÓGICA DA SEÇÃO ESTRATIGRÁFICA.....                                 | 155        |
| <b>10. INTERPRETAÇÃO DE DEPÓSITOS DE CABECEIRA DE VALE NA ÁREA DE ESTUDO.....</b>         | <b>180</b> |
| <b>11. CONCLUSÃO.....</b>   | <b>184</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>  | <b>186</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>  | <b>198</b> |

# 1.INTRODUÇÃO

Entre as abordagens que vêm sendo utilizadas para reconstrução paleohidrológica em áreas continentais, principalmente no Brasil, uma fundamenta-se no estudo de cabeceiras de vale para a obtenção de registros sedimentares relativos a mudanças climáticas do passado.

Em áreas de cabeceiras de vale estudadas nos estados de Santa Catarina e Paraná têm sido constatadas modificações da paisagem relacionadas à evolução de encostas e de vales, devidas principalmente a processos erosivos e deposicionais gerados por diferentes condições hidrológicas ao longo do tempo. Os resultados demonstram que as áreas estudadas guardam o registro das últimas oscilações paleoambientais e de sua relação com a dinâmica atmosférica durante períodos de mudanças ou oscilações climáticas do Quaternário (OLIVEIRA et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2008).

Dando seqüência à metodologia de trabalho utilizada por Ferreira (2004) e Ferreira e Oliveira (2006), como forma de complementar os trabalhos que vêm sendo realizados, foi escolhida como área de estudo a mina de extração de argila na localidade do Cerro do Touro, Campo Alegre (SC). Esta dissertação de mestrado está integrada ao projeto de pesquisa: “Aplicação da análise microscópica e micromorfológica a estruturas colúvio-aluvionares recentes: aferimento, potenciais e limitações” (Edital Universal CNPq 02 / 2006), em desenvolvimento no Departamento de Geociências da UFSC, sob a coordenação do Prof. Dr. Marcelo Accioly Teixeira de Oliveira. Os resultados obtidos visam contribuir para alcançar os principais objetivos do projeto: definição e avaliação de parâmetros microscópicos e micromorfológicos que permitam interpretar processos deposicionais e pós-deposicionais em sedimentos colúvio-aluvionares recentes (OLIVEIRA et al., 2006).

A utilização da análise macro e microscópica das unidades e estruturas sedimentares adotada neste trabalho com base para o reconhecimento das condições dos eventos deposicionais, contribuiu para a compreensão da evolução de depósitos de baixa encosta na área de estudo. Os resultados revelam registros

importantes de adaptações de cabeceiras de vale a mudanças ambientais datadas do final do Pleistoceno e do Holoceno Médio. Resultados sedimentológicos que merecem destaque são ressaltados a seguir.

Ao contrário do que têm sido publicado no Brasil, diferentes unidades estratigráficas foram diferenciadas litologicamente em depósito colúvio-aluvial. As análises macro e microscópica constatarem diferentes estruturas e unidades sedimentares com padrão deposicional variado. A constatação de camadas colúvio-aluviais intercaladas com horizontes de solo evidenciam sedimentação e pedogênese desde o último ciclo glacial, revelando mudanças de padrão hidrológico local. Fluxos de intensidade variável formaram materiais que podem ser classificados alternadamente como coluviais e aluviais, sugerindo ambiente de agradação em leques aluviais e correlacionando a clima com estação seca prolongada durante o Holoceno-Médio.

Como evidência do predomínio do escoamento superficial, agindo como principal agente morfogenético desde o Pleistoceno Superior e o Holoceno, materiais detríticos foram transportados de áreas mais elevadas da encosta, formando depósitos através de pulsos sedimentares diversificados em provável ambiente de leque aluvial. A mistura de materiais de diferentes origens (fragmentos de rocha, grãos minerais e materiais com alteração incipiente), transportados em fluxos ora fluidos e ora densos, confirma a presença de depósitos colúvio-aluviais na área de estudo.

A atuação de intemperismo pós-deposicional observado em lâminas delgadas pode ser associado a processos de diagênese. O intemperismo teve forte atuação na modificação do depósito: a alteração pós-deposicional ocorrida *in situ* transformou diferentes materiais e frações granulométricas em argilo-minerais, e o desenvolvimento de pedalidade causou microfissuramento pós-deposicional, preenchido pela translocação de soluções entre o depósito e os horizontes de solo.

O uso da micromorfologia de solos apresentou resultado significativo para definição dos parâmetros texturais, permitindo diferenciar depósitos em ambiente de transição entre encosta e vale, sobretudo, pela distinção entre material coluvial e aluvial (densidade dos materiais e energia de transporte). Os demais parâmetros

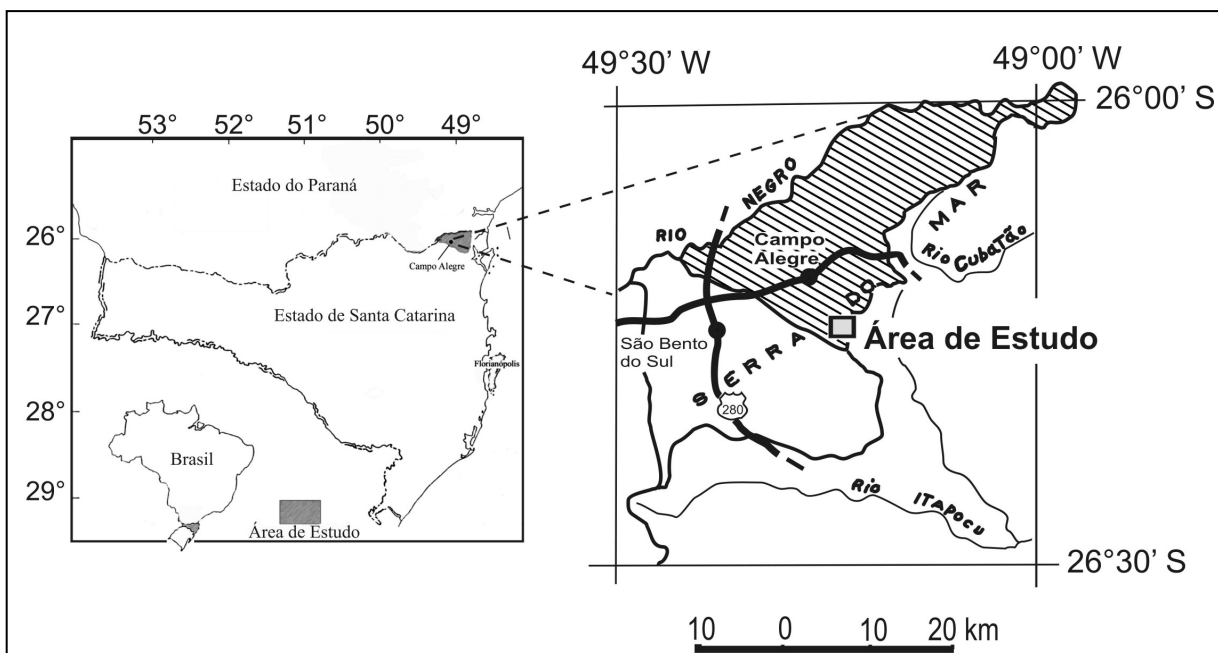
analisados ressaltaram o desenvolvimento de processos pedogenéticos, provavelmente associados à diagênese (transformação pós-deposicional).

No capítulo a seguir será apresentada a caracterização geral da área de estudo. No capítulo III serão estabelecidos os objetivos do trabalho. A partir do capítulo IV serão apresentadas revisões bibliográficas sobre as mudanças climáticas no Quaternário e seu registro sedimentar; sobre os processos erosivos e deposicionais em encostas e cabeceiras de vale; sobre as estruturas sedimentares como indicadores paleoambientais e, finalmente, sobre a aplicação da micromorfologia de solos ao estudo de estruturas sedimentares. Os procedimentos metodológicos, os resultados, a discussão e a conclusão do trabalho serão apresentados nos capítulos VII, VIII, IX, X, e XI.

## 2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 2.1 ASPECTOS GERAIS

A seção estratigráfica objeto desta proposta de pesquisa está localizada no Cerro do Touro, sul do município de Campo Alegre, no Estado de Santa Catarina (**Figura 1**).



**Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.**

O município de Campo Alegre está inserido no Planalto de São Bento do Sul. A morfologia do relevo desse planalto se caracteriza por colinas distribuídas em distintos compartimentos topográficos (**Figura 2**). Essa característica reflete o substrato geológico, individualizando patamares estruturais entrecortados por linhas e escarpas de falha e por diques de diabásio (LIMA, 2005). Na periferia do planalto, pode-se ainda identificar perfis típicos de relevo em *cuestas* (TOMAZOLLI et al., 1999), com frentes e reversos bem delineados.





**Figura 2: Imagem da paisagem em torno da área de estudo.**

O embasamento local é formado por rochas Neo-Proterozóicas da Bacia Vulcano-Sedimentar de Campo Alegre datadas de  $570 \pm 30$  Ma, compostas por lavas e tufos dacíticos e basálticos (CITRONI et al., 2001; BIONDI et al., 2002). Rochas de duas formações do Grupo Campo Alegre afloram na área do estudo: formações São Miguel e Avenca Grande, compostas de traquitos, riolitos e ignimbritos (BIONDI et al., 2002).

A geologia ao sul da cidade de Campo Alegre, onde se localiza a seção estratigráfica, pode ser separada em duas seqüências, de acordo com os eventos vulcânicos ocorridos (BIONDI et al., 2001): a) Seqüência Basal, formada na primeira fase vulcânica, é constituída essencialmente por derrames e diques de traquitos, que foram recobertos por conglomerados polimíticos e arenitos arcossianos derivados da erosão das bordas da calha da Bacia Vulcano-Sedimentar de Campo Alegre; b) Seqüência Superior, constituída por rochas da segunda fase vulcânica, predominam riolitos alcalinos, menor proporção de traquitos, brechas e tufos ácidos com lavas subordinadas. A alteração das rochas da seqüência superior deu origem a importantes jazidas de argila que vêm sendo exploradas pela indústria cerâmica local e nacional (CITRONI et al., 2001; BIONDI et al., 2001; TOMAZOLLI et al., 1999).

Segundo DAITX & CARVALHO (1980, apud OLIVEIRA & PEREIRA, 1998) predominam na área de estudo solos litólicos relacionados a afloramentos de rochas, e cambissolos em associação a rochas sedimentares. Espessos mantos de alteração, somados a colúvios, aluviões e solos, compõem formações superficiais variadas. Provavelmente essa característica tenha influenciado a morfogênese quaternária da área de estudo (OLIVEIRA et al., 2006). Importantes registros de eventos geodinâmicos variados, com processos atuantes sobre litologias variadas, podem ter ficado preservados na área (SANT'ANA, 2005).

Na localidade do Cerro do Touro foi constatada altitude acima de 1100m (BRASIL, 2004). Em função da altitude do planalto, o clima é do tipo mesotérmico úmido com verões frescos. A temperatura média anual é de 16,4°C. As chuvas são bem distribuídas ao longo do ano, com total anual em torno de 1600 a 1800 mm (SANTA CATARINA, 1986). Nimer (1989) considera que, nas áreas de altitudes mais elevadas da Região Sul do Brasil, as condições topográficas condicionam o aumento da intensidade das precipitações e da umidade. Durante o inverno freqüentemente ocorrem baixas temperaturas com a passagem das massas polares; e, no verão, a altitude não permite maior elevação da temperatura. Esse clima é influenciado pela passagem de frente polar em frontogênese, o que torna a região constantemente sujeita as bruscas mudanças de temperatura em qualquer época do ano (**Figura 3**).

Na área de estudo, características orográficas ocasionam instabilidades atmosféricas provavelmente associadas à atuação do Efeito de Foehn (**Figura 4**). Isto ocorre quando ar é forçado a subir, na presença de uma montanha. Ao subir o ar se expande e resfria adiabaticamente, condensando o vapor de água e causando precipitação. Da condensação resulta um aumento de temperatura e uma perda de umidade. O ar começa então a se mover para baixo no sotavento, a temperatura do ar aumenta, resultando em grande pressão atmosférica, criando ventos quentes e secos (DONN, 1978). Este efeito pode explicar a constantes variações na temperatura e na precipitação observadas entre a localidade de Cerro do Touro e a cidade de Campo Alegre.

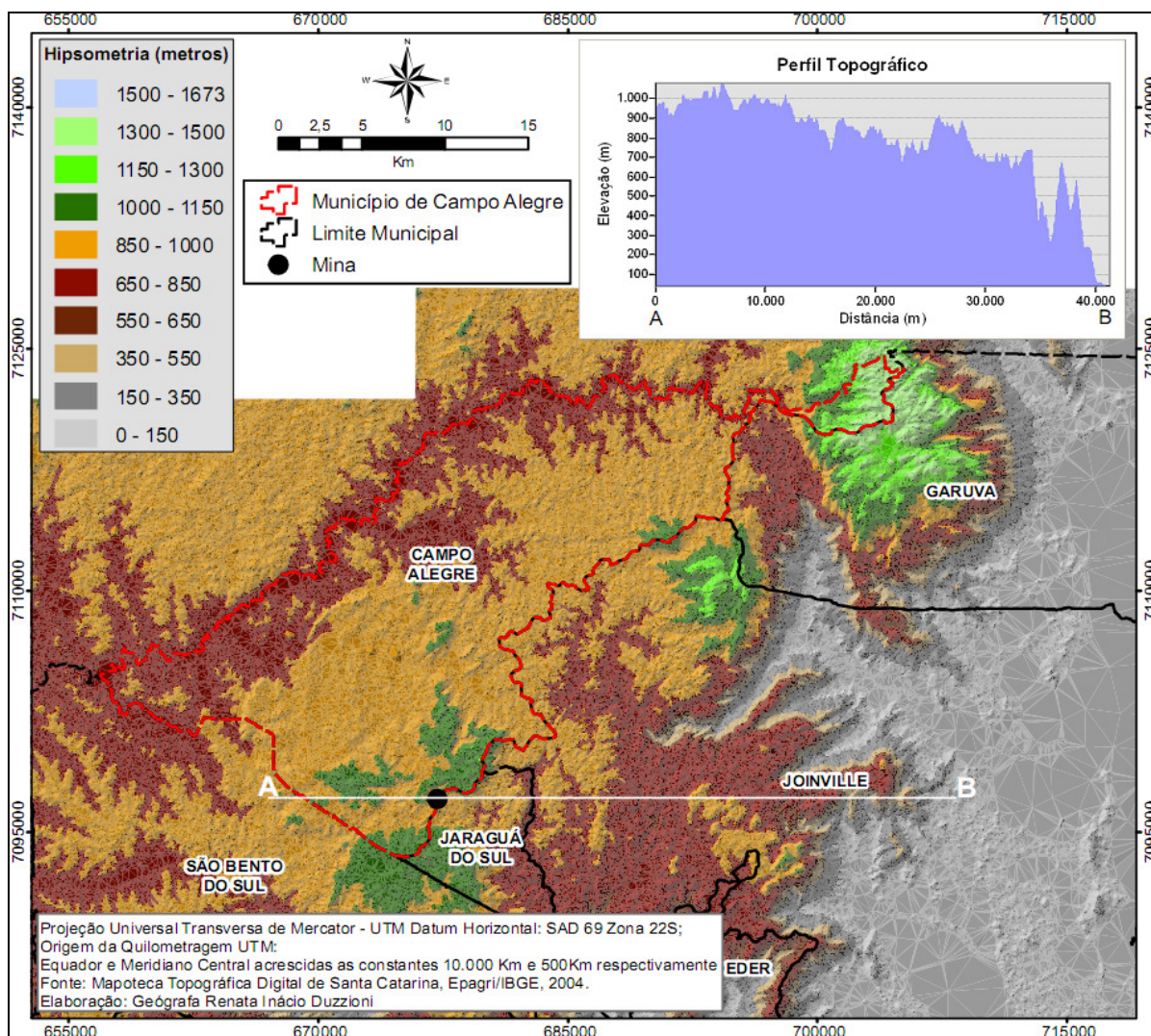


Figura 3: Mapa apresentando o modelo digital de elevação em torno da área de estudo.

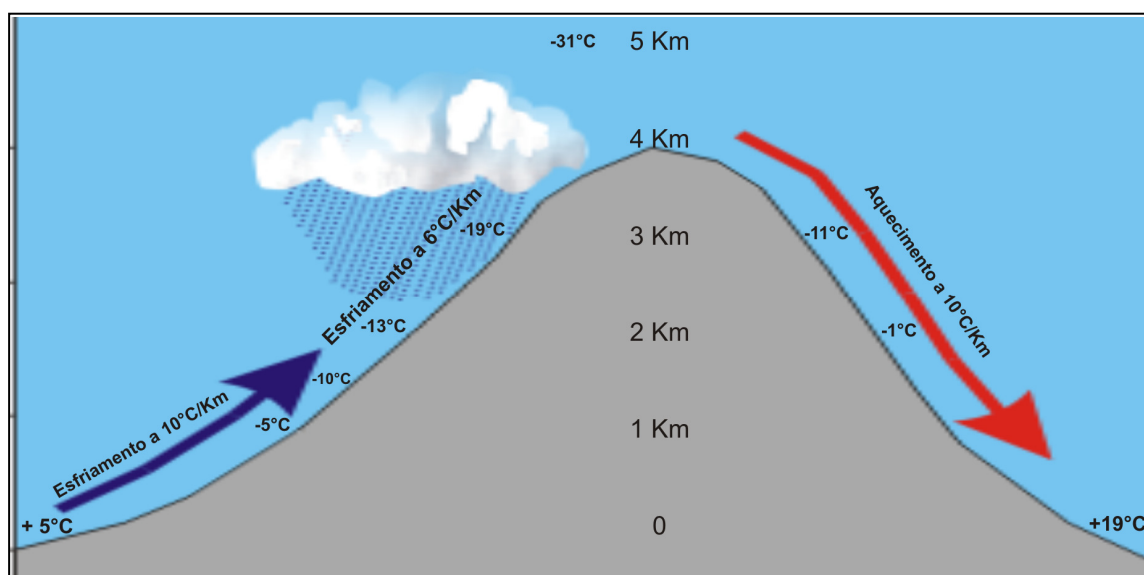


Figura 4: Esquematização do efeito de Foehn, modificado de DONN (1978).

Devido ao caráter do clima do planalto, a vegetação torna-se uma resultante sensível das condições climáticas, influenciadas pelas formas de relevo e condições dos solos (KLEIN, 1989). Segundo esse autor podem ser encontrados nas proximidades da área de estudo os seguintes tipos de vegetação: **a)** Floresta Ombrófila Mista Montana e Altomontana - trata-se de formação de Coníferas misturadas com outros elementos, principalmente andinos, e espécies neotropicais, sobretudo Mirtáceas, em áreas situadas acima de 1000 m de altitude. **b)** Savana Gramíneo-Lenhosa (campos do planalto) - abrange diversas áreas dispersas por entre as formações da Floresta Ombrófila Mista (florestas com pinheiros), situadas em altitudes geralmente superiores a 800 metros do nível do mar. Trata-se de uma formação campestre, com tapete graminóide baixo e contínuo, onde predominam as gramíneas, associadas com Ciperáceas, Leguminosas, Compostas e Verbenáceas, entremeadas por arbustos. Geralmente a cobertura arbórea só é encontrada ao longo de rios e arroios, formando as típicas florestas de galeria ou matinhas ciliares, bem como as matinhas circulares (capões) nas pequenas depressões dos terrenos ou áreas de nascentes (KLEIN, 1989).

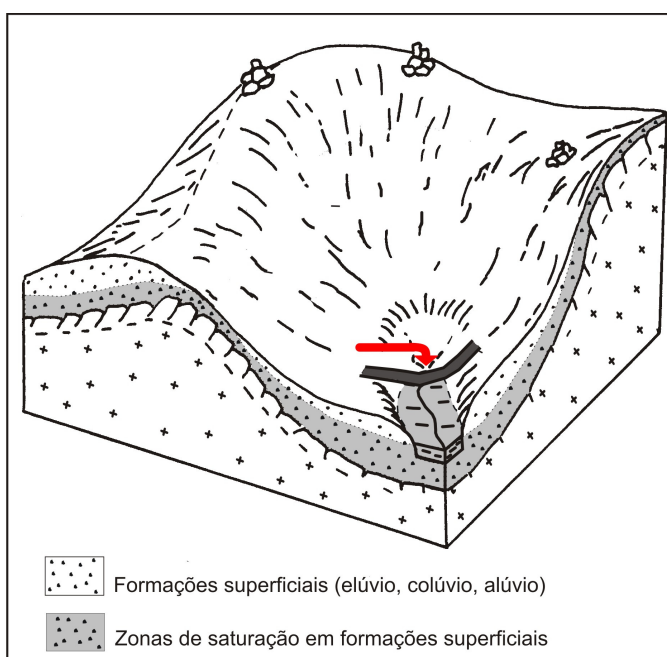
A rede hidrográfica superficial é composta pelos afluentes da margem esquerda do rio Negro, que em geral apresentam padrões dendrítico e subparalelo de drenagem, com forte condicionamento tectônico (DAITX & CARVALHO, 1980, apud OLIVEIRA & PEREIRA, 1998).

Na localidade de Cerro do Touro, em Campo Alegre (SC), estudos revelaram a presença de paleossolos e estruturas sedimentares bem preservadas (SANT'ANA, 2005; OLIVEIRA et al., 2006). Igualmente, áreas de cabeceira estudadas nos estados de Santa Catarina e Paraná, apresentam modificações na paisagem de encostas e de vales, devidas principalmente a processos erosivos e deposicionais gerados por mudanças hidrológicas ao longo do tempo (FERREIRA, 2004). Pelo que têm sido constatado até o momento, poucas áreas no Brasil têm demonstrado qualidades no registro sedimentar quaternário como as encontradas nessas áreas. Geralmente esses depósitos apresentam registros de baixa resolução e estruturas sedimentares incipientes, o que dificulta correlacioná-los com a evolução da paisagem e com as mudanças climáticas. No entanto, contradizendo tal situação, a seção estratigráfica no Cerro do Touro apresenta grande variedade de estruturas sedimentares quaternárias, unidades litologicamente distintas e materiais propícios a datações, características que favoreceram a sua escolha como objeto de estudo.



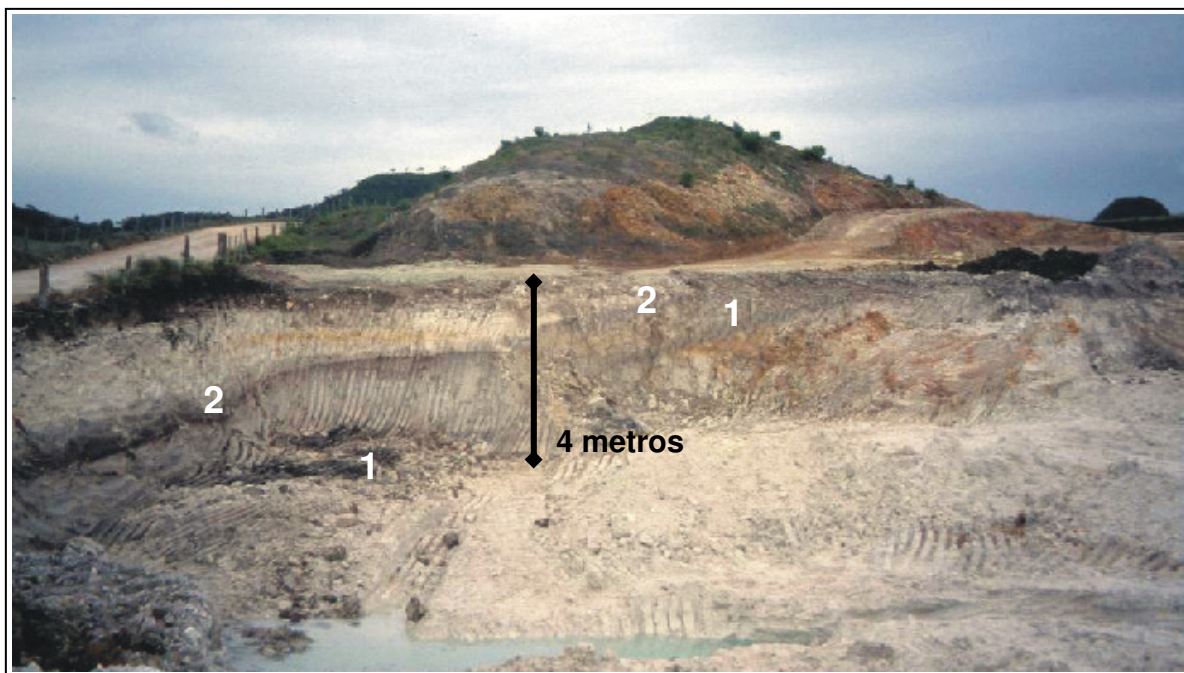
## 2.2 A SEÇÃO ESTRATIGRÁFICA NO CERRO DO TOURO

O registro escolhido para este estudo foi considerado como típica cabeceira de vale, situada na baixa encosta, onde águas tendem a concentrar-se em depressões topográficas, alimentando canal de primeira ordem (OLIVEIRA et al., 2005). A **Figura 5** mostra a posição da seção em uma cabeceira de vale idealizada.



**Figura 5: Representação esquemática da cabeceira de vale adaptado de Cosandey & Oliveira (1996) e Oliveira et. al. (2006). A seta indica a provável posição topográfica da seção.**

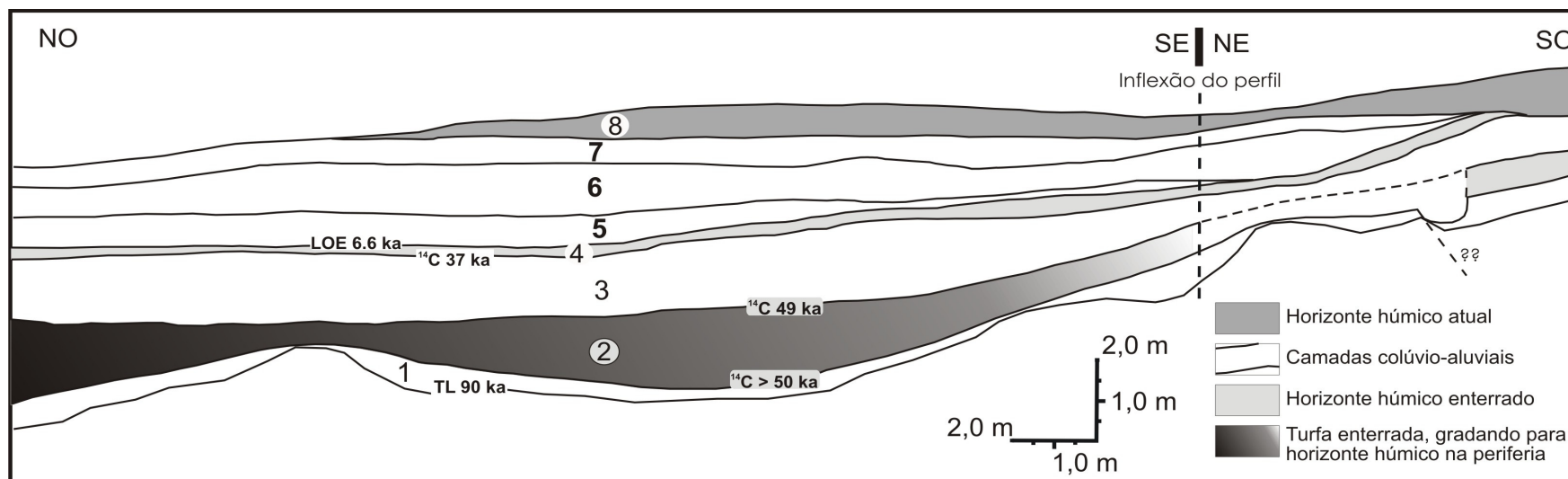
Trata-se de seção estratigráfica exposta em parede no interior de mina de extração de argila, na localidade do Cerro do Touro, município de Campo Alegre (**Figura 6**). A seção foi levantada entre os anos de 2001 e 2003. Posteriormente novos levantamentos e amostragens foram realizadas, de modo a preservar e caracterizar as estruturas identificadas, que iriam desaparecer com o trabalho de mineração.



**Figura 6: Foto do interior de mina de argila, onde camadas colúvio-aluviais estão intercaladas com horizontes de solo. 1- turfa enterrada (idade  $^{14}\text{C}$ :  $49.300 \pm 9.700 - 4.250$  A.P.); 2- paleossolo truncado por erosão (idade  $^{14}\text{C}$ :  $37.000 \pm 1.425$  A.P.).** Fonte: Oliveira et al., 2006. Foto: Marcelo Accioly Teixeira de Oliveira (foto obtida em 2000, início da mineração na área).

A seção estudada é caracterizada por descontinuidade erosiva entre horizontes pedogenéticos (paleossolo e turfa) e materiais sedimentares colúvio-aluviais. Essa característica indica que episódios de erosão e sedimentação se intercalam com períodos de desenvolvimento de solos (OLIVEIRA, et al., 2006). A **Figura 7** mostra a representação esquemática das unidades estratigráficas da seção.

A geometria das camadas, observada nessa seção, sugere caimento das unidades estratigráficas de SE para NW das **Figuras 6 e 7** ou depressão topográfica. Nas unidades da base (2, 3 e 4), predominam materiais cores de baixo matiz (cor gley, segundo carta de solos) (**Figura 6**). Tais características provavelmente se relacionem à forma típica do ambiente de cabeceira de vale (**Figura 5**), onde fluxos gerados nas partes mais elevadas, podem se concentrar nos setores mais baixos da encosta. Próximo à inflexão do perfil (**Figura 7**) essas unidades, assim como, as unidades mais elevadas (5, 6, 7 e 8), passam a apresentar materiais com matizes mais vivos e cores mais variadas, devido à impregnação de óxidos de ferro (**Figura 6**).



**Figura 7: Representação esquemática da seção estratigráfica em área de cabeceira de vale. No setor NE-SO da seção, alteração das unidades 1 e 2 próximo ao plano de falha. Fonte: Oliveira et al., 2006.**

A presença de materiais propícios a datações permitiu o estabelecimento de cronologia para essa seção estratigráfica (OLIVEIRA et al., 2005 e OLIVEIRA et al., 2006) subdividindo as unidades sedimentares em duas seqüências distintas: a seqüência pleistocênica (unidades 1, 2, 3 e 4) e a seqüência holocênica (unidades 5, 6, 7 e 8) (**Figura 7**). De acordo com esses autores, a seqüência pleistocênica é caracterizada por solos orgânicos e minerais intercalados a sedimentos colúvio-aluviais. Tais características indicam alternância de períodos de erosão e sedimentação (nas unidades 1 e 3) e períodos de pedogênese (nas unidades 2 e 4), em ambiente onde o nível do lençol freático estaria relativamente elevado, em condições propícias ao hidromorfismo (sugerido pela cor preta ou cinza escura dos materiais e pela preservação de restos orgânicos). A seqüência holocênica inicia com o truncamento da unidade 4. É caracterizada por aproximadamente 3 metros de depósitos coluviais-aluviais (unidades 5, 6, 7 e 8), formados provavelmente pelo escoamento superficial difuso de encostas adjacentes, sugerindo período de agradação local, possivelmente relacionado a ambiente de clima sazonal no Holoceno Médio (OLIVEIRA et al., 2006).

As interpretações retro descritas indicam que a sucessão deposicional dessas camadas superficiais evoluiu em condições hídricas distintas, provavelmente em diferentes condições ambientais nos períodos mencionados (Pleistoceno-Holoceno). Essa evolução deixou preservada estruturas sedimentares variadas cujo primeiro estudo de detalhe está sendo feito nesta dissertação. Tal fato é importante porque tem sido difícil a constatação de estruturas sedimentares bem preservadas, principalmente nessas condições, como registro do Quaternário. Tais estruturas, pela quantidade e variedade, provavelmente guardem informações do ambiente deposicional.

Até então a caracterização sedimentológica destes materiais tem sido dificultada pelo fato dos materiais que compõe a seção estarem totalmente intemperizados (constituídos de material fino), o que impede a análise sedimentológica por peneiramento e justifica a opção por estudo óptico.



### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Caracterizar processos deposicionais utilizando técnicas sedimentológicas e micromorfológicas, como contribuição a interpretações paleoambientais em área de cabeceira de vale, no Planalto de São Bento do Sul, Campo Alegre (SC).

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analisar e caracterizar macro e microscopicamente as unidades sedimentares encontradas na sessão estratigráfica.
- Definir e avaliar parâmetros texturais e micromorfológicos que permitam interpretar processos deposicionais em sedimentos colúvio-aluvionares quaternários.
- Avaliar a aplicação da terminologia da micromorfologia de solos para a interpretação de processos sedimentológicos.
- Avaliar a utilização de dados sedimentológicos e micromorfológicos como indicadores de mudança paleoidrológica nos depósitos estudados.
- Definir relações entre parâmetros microscópicos, padrões de estruturas sedimentares e processos deposicionais sobre encostas.
- Avaliar potencialidades e limitações do uso de análises microscópicas e macroscópicas para a interpretação sedimentológica de depósitos colúvio-aluvionares recentes.

#### **4. AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO QUATERNÁRIO E SEU REGISTRO SEDIMENTAR**

O Quaternário é o período geológico mais recente da história do nosso planeta. Nele, grandes glaciações e geleiras avançaram e retraíram regularmente sobre o Hemisfério Norte. Em muitas partes do mundo, a paisagem, os fósseis e os sedimentos contam a história de repetidos avanços e retrações do gelo e também das modificações ambientais ocorridas durante sucessivos intervalos frios e quentes.

Esse período de tempo de 2,6 milhões de anos, que abrange as épocas do Pleistoceno e Holoceno é singular na história da Terra por várias razões: a) único tempo em que ambos os pólos foram cobertos por placas de gelo; b) período que apresenta padrões relativamente regulares e repetidos de mudanças climáticas sobre taxas de tempo entre  $10^2$  e  $10^5$  anos; c) onde as mudanças climáticas podem ser estudadas em grau de resolução muito maior do que qualquer outro tempo geológico; d) muitas das heranças da paisagem natural são relíquias do último período glacial que terminou há cerca de 20 mil anos (WILSON et al., 2000).

Durante cada glaciação Pleistocênica, grande cobertura de gelo cresceu na América do Norte, Groenlândia e Eurásia. Algumas coberturas de gelo eram relativamente estáveis e duraram por milhões de anos, outras eram instáveis passando por repetidos desenvolvimento e destruição de maneira cíclica. Similar oscilação aconteceu em pequenas capas de gelo e geleiras nas extensões de montanhas elevadas: Islândia, Alpes, Yellowstone, Tibet, Andes, etc. Estes ciclos glaciais foram acompanhados por maiores mudanças no clima, nível do mar, em mudança da população de plantas e animais por todo planeta. (ABER, 2007)

As mudanças climáticas ao longo do Quaternário modificariam as condições ambientais, transformando a paisagem mundial. Vários fatores que ocorrem em diferentes escalas de tempo podem contribuir para as mudanças climáticas, por exemplo, mudança no fluxo solar; mudança na órbita da Terra e orientação dos seus eixos (Teoria de Milankovitch); deriva continental; tectônica de placas;

soerguimentos; respostas isostáticas; desenvolvimento e derretimento de placas de gelo; mudança global no nível do mar e na circulação de águas profundas e superficiais; composição de gases atmosféricos; e até mesmo o desenvolvimento de florestas (WILSON et al., 2000). Tais fatores podem estar interligados e, dependendo da escala de abrangência, ser considerados causa e consequência das mudanças climáticas. A variedade de fatores que contribuem com o sistema climático resulta em complexidades difíceis de se resolver.

As variações climáticas associadas aos períodos glaciais e interglaciais repercutiram sobre o planeta e causaram, entre outras coisas: a) influência marcante sobre as zonações climáticas da Terra (MENDES, 1984), em função das mudanças nas circulações atmosféricas e oceânicas, com conseqüentes redistribuições na precipitação atmosférica e cobertura florística (ABER, 2007); b) variações do nível dos mares associadas às regressões e transgressões em função das alternâncias de períodos glaciais e interglaciais respectivamente (IDEM); c) reflexo na vida marinha e na sedimentação, mesmo em áreas que não sofreram glaciação (MENDES, 1984). No entanto, as causas e os efeitos dessas transformações ainda não são bem conhecidos, sobretudo nas faixas tropicais e subtropicais, onde a formação de geleiras ocorre predominantemente em áreas com elevadas altitudes. No caso dessas áreas (tropicais e subtropicais), as mudanças climáticas alteraram as taxas de pedogênese e morfogênese, os regimes fluviais e a distribuição da fauna e da flora (MOURA, 1998). Tais alterações mantiveram-se em diferentes ambientes até a atualidade na forma de registro sedimentar.

Entre os estudos realizados para se compreender as mudanças climáticas desse passado geológico, destaca-se a análise do registro sedimentar para explicar a dinâmica evolutiva da paisagem através da reconstituição dos períodos de estabilidade e instabilidade ambiental (MOURA, 1998). Tais registros são usados para ilustrar a influência das mudanças do clima sobre a paisagem. De fato, os registros sedimentares preservam informações a respeito da história deposicional e erosiva de determinado ambiente (REINECK & SINGH, 1980). Muitas formas erosivas e deposicionais, que constituem as formações superficiais, apresentam características que evidenciam mudanças no controle de fatores ambientais. A seqüência e a natureza dos processos de superfície pretéritos, em grande parte controlados pelas condições paleoclimáticas, encontram-se preservadas nos

depósitos sedimentares (TURCQ et al., 1997), razão pela qual são utilizados, principalmente, na interpretação da evolução da paisagem em áreas continentais tropicais e subtropicais, propiciando o desenvolvimento de estudos do Quaternário.

No entanto, algumas dificuldades em relação à utilização do registro sedimentar para interpretações paleoidrológicas têm sido observadas. Tais materiais são de diferentes idades e provêm de diversas origens; são heranças atuais de sistemas ambientais estáveis, instáveis ou suscetíveis à rápida readaptação (THOMAS, 1994). Em cada ambiente, o registro de sua história evolutiva depende de vários fatores, como a duração e a intensidade dos processos atuantes e a tendência das paisagens de preservar as modificações ambientais de modo mais ou menos rápido e permanente (MELO et al., 2005). Além disso, nas faixas tropicais e subtropicais, como no caso do Brasil, o relevo é caracterizado por coberturas sedimentares complexas, facilmente retrabalhadas ao longo do tempo, devido à intensa ação dos agentes exógenos, o que implica destruição, modificação e baixa resolução de registros sedimentares; conseqüentemente, as interpretações paleoidrológicas tornam-se pouco fundamentadas. Tais áreas estão sujeitas aos intensos processos de intemperismo, erosão e conseqüente produção de sedimentos, que variam em magnitude e freqüência ao longo do tempo (SELBY, 1994). Esses processos são fatores importantes, tanto de degradação quanto de constituição de evidências sedimentológicas.

De modo geral, os depósitos quaternários continentais apresentam peculiaridades, como espessura delgada, similaridades e recorrência de fácies, estruturas sedimentares incipientes e descontinuidade espacial. Além disso, esses depósitos, geralmente, ocorrem assentados em discordância, sobre rochas bem mais antigas (SUGUIO, 2001), o que demanda métodos especiais para sua correlação, ordenação estratigráfica e interpretação (MOURA & MELLO, 1991; MENDES, 1984). Toda a tentativa para reconstrução do clima e de ambientes passados está sujeita a algumas incertezas e, por isso, há necessidade de que o registro sedimentar esteja bem preservado, contenha evidências sedimentológicas e/ou erosivas e, principalmente, materiais propícios à datação.

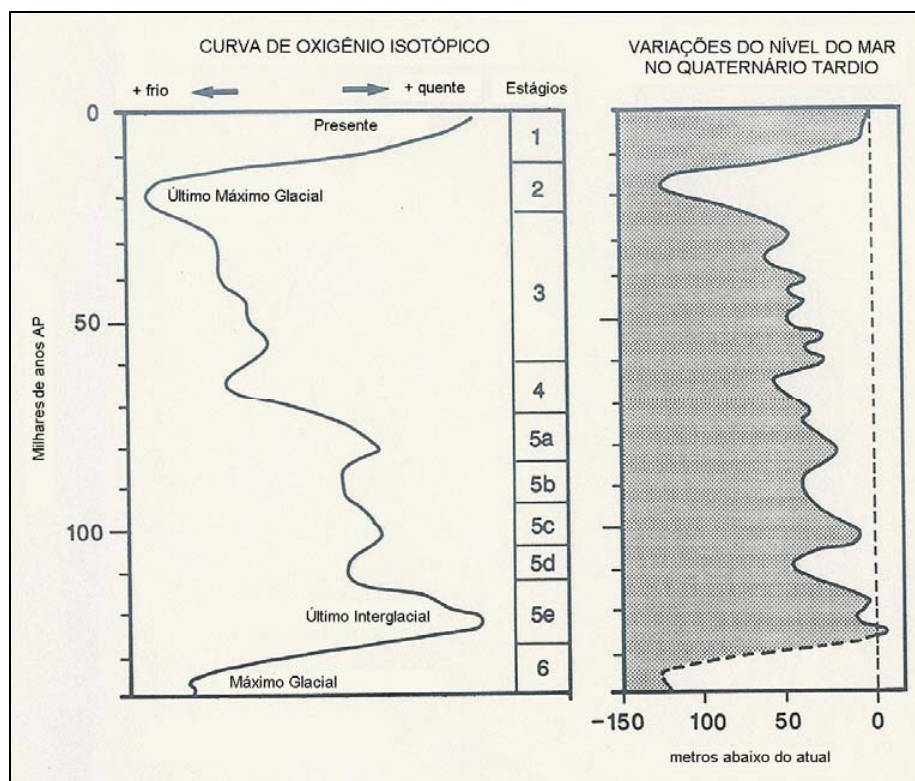
#### 4.1 ESTUDO DO REGISTRO SEDIMENTAR QUATERNÁRIO

Como comentado anteriormente, as mudanças climáticas ocorreram de forma desigual: nem todas as partes do planeta foram afetadas diretamente pelas glaciações. Uma das grandes dificuldades em relação à reconstrução paleoidrológica é saber se ela está ligada a fatores globais, regionais ou locais de mudanças climáticas ou oscilações do clima. Outra dificuldade é que os registros quaternários continental não se encontram estendidos regularmente sobre todo o globo terrestre. Os melhores registros das mudanças climáticas passadas podem ser observados em estratos marinhos ou em áreas afetadas diretamente pelas glaciações (testemunhos de gelo).

Diferentemente dos fragmentados registros sedimentares continentais das glaciações e interglaciações passadas, algumas sucessões de sedimentos marinhos profundos contêm um registro climático (dado “representativo” ou proxy) ininterrupto compreendido ao início das glaciações no Hemisfério Norte em aproximadamente 2,6 Ma (ABER, 2007). Os estágios isotópicos de oxigênio marinho demonstram padrão global para interpretação paleoclimática e cronológica do Quaternário, podendo ser aplicado no mundo inteiro para subdivisão estratigráfica dos sedimentos oceânicos (WILSON et al., 2000). A análise das curvas isotópicas pode ser usada como um indicador de aproximação (proxy index) do nível do mar e dos volumes de gelo continental. Tal indicador é usado também como referência de estudos efetuados em áreas continentais (**Figura 8**).

Estudos paleoclimatológicos do Quaternário, realizados através da análise de isótopos de oxigênio em testemunhos de fundo marinho, estabeleceram um panorama de ciclos glaciais e interglaciais. Entre o Pleistoceno Médio e o Superior ocorreu uma periodicidade de 100.000 anos para ciclos glaciais e interglaciais completos; entretanto, intervalos menores (40.000 anos) dominaram prioritariamente desde então (BLUM & TÖRNQVIST, 2000). Mais recentemente, análises realizadas em testemunhos de gelo e em sedimentos do fundo oceânico mostraram importantes flutuações climáticas em escalas de 1.000 a 10.000 anos, as quais estão superpostas aos ciclos glaciais/interglaciais de 100.000 anos, gerando um

complexo panorama do Último Máximo Glacial (UMG) e da transição entre Pleistoceno e Holoceno (BLUM & TÖRNQVIST, 2000).



**FIGURA 8: Estágios isotópicos de oxigênio e variação do nível do mar nos últimos 140.000 anos. A curva de isótopos é baseada em sedimentos de fundo oceânico, e a de variação do nível marinho é uma combinação entre o registro de terraços em recifes de corais na Nova Guiné e inferências feitas a partir de dados do oxigênio isotópico (VAN ANDEL, 1985).**

O esfriamento mundial de climas tropicais no UMG pode ser confirmado nas análises de testemunhos de gelo, registros marinhos e em evidência de lagos, rios e turfeiras. Existe agora uma ampla aceitação de que, durante o UMG, as temperaturas nos trópicos úmidos foram menores do que as atuais em pelo menos 5°C (THOMAS et al., 2001). Entretanto, os climas secos correspondentes são mais discutíveis. Muitos trabalhos estimam reduções de 25 a 65% na pluviosidade dos trópicos (THOMAS et al., 2001). No entanto, Iriondo (1999) sugere que, durante o último ciclo glacial/interglacial, as variações na temperatura da Cordilheira dos Andes produziram avanços e retrações de geleiras, coerentes com as mudanças climáticas globais registradas em outros continentes, e influenciariam os diferentes climas de áreas de planície de todo o continente Sul Americano. Segundo o autor,

intervalos de umidade no norte do continente (até a latitude de 10°) seriam contemporâneas com condições secas no sul e vice-versa.

Levando em consideração a sensibilidade da paisagem a rápidas mudanças ambientais, Thomas (2004) constatou que, enquanto alguns registros sedimentares indicavam maior instabilidade da paisagem durante os 20.000 anos A. P. ou no início do Holoceno, outros indicavam pulsos de atividade por todo o UMG. Essas diferenças podem refletir padrões regionais de mudanças climáticas, mas também demonstram a importância da sensibilidade da paisagem aos impactos de rápida mudança ambiental, por isso a necessidade de distinguir os impactos causados pela mudança ambiental e o tempo necessário para o efeito dos impactos na paisagem (THOMAS, 2004). Segundo McFadden & McAuliffe (1997), muitas mudanças climáticas holocênicas ocorreram em breves períodos de tempo e podem não estar necessariamente associadas a mudanças globais. Contudo, apesar de as pequenas flutuações climáticas serem relativamente curtas, em torno de décadas, suas conseqüências podem ser reconhecidas em certas áreas como importantes. O estudo realizado por Ledru et al. (1996) de registros de pólen em áreas de planícies dos Neotrópicos mostrou ambientes acentuadamente diferentes para o Pleniglacial Médio (65.000-26.000 anos A. P.), Pleniglacial Superior (26.000-13.000 anos A.P.), Glacial Tardio e Holoceno.

## **4.2 ESTUDO DO QUATERNÁRIO CONTINENTAL NO BRASIL**

As reconstruções paleoambientais do Quaternário continental no Brasil são realizadas de forma interdisciplinar e através da utilização de diversas técnicas. Esses estudos evidenciam o alto grau de complexidade das variações climáticas, além de assimetrias climáticas acentuadas entre regiões geográficas distintas e de grandes similaridades entre regiões localizadas na mesma faixa latitudinal (DE OLIVEIRA et al., 2005).

O estudo das variações vegetacionais e climáticas ocorridas no Quaternário Tardio no Brasil se desenvolveram, especialmente, nas últimas duas décadas (DE OLIVEIRA et al., 2005). Tais abordagens envolvem ambientes paludiais e lacustres e são sustentadas, principalmente, por análises de cunho palinológico e paleobotânico e datações radiocarbônicas. Estão incluídas áreas de ocorrência moderna de florestas amazônica e atlântica, cerrados, campos rupestres de altitude, campos e floresta de araucária do Sul e Sudeste, vegetação pantaneira e caatinga do Nordeste. A utilização da análise isotópica da matéria orgânica do solo ( $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$  e  $^{14}\text{C}$ ) também complementa reconstruções paleoambientais relativas à variação da vegetação em todo o Brasil (PESSENDA et al., 2005).

Em relação à vegetação de áreas planálticas da região Sul, Behling et al., (2004) afirmam que existiam extensivas áreas de vegetação de campos durante as épocas do Último Glacial, início do Holoceno e Holoceno Médio. A reconstrução da paleovegetação indica frio e condições climáticas relativamente secas para o período glacial. No Pleistoceno Tardio, especialmente durante o período do UMG, ocorreu redução das temperaturas de 5 a 7°C nas terras altas do Sul brasileiro (BEHLING et al., 2004). O domínio da vegetação de campos foi atribuído a climas secos, frio e seco durante o Último Glacial, e quente e seco durante o início do Holoceno (BEHLING, 1997). Durante o Holoceno Tardio (por exemplo, 4.320 anos A. P.  $^{14}\text{C}$ ), a floresta de Araucária expandiu e criou uma rede de florestas de galeria (BEHLING et al., 2004).

O enfoque sedimentológico foi utilizado na interpretação de eventos quaternários, sobretudo, em relação aos processos e produtos morfogenéticos continentais, nos quais estão incluídos vários ambientes. Entre eles, pode-se citar a análise da evolução de sistemas fluviais (LATRUBESSE et al., 2005;) e a da evolução de encosta, seus processos e produtos associados (MELO et al., 2005).

Segundo Thomas & Thorp (1995), existem lacunas entre as inferências sobre a vegetação, o clima e a dinâmica da paisagem como resposta a mudanças identificadas em áreas tropicais úmidas. Eles ressaltam que poucos trabalhos foram publicados a respeito e as análises, datações e interpretações de depósitos coluviais (constituem mais do que 50% das encostas dos trópicos) poderiam ser complementares, levando em consideração os problemas que os envolvem.



Nemec e Kazanci (1999) comentam que depósitos coluviais ocorrem em praticamente todas as zonas climáticas e são, há muito tempo, reconhecidos por geomorfólogos como um importante produto de processos de erosão da encosta, sendo surpreendente que tenham atraído pouca pesquisa sedimentológica. Esses autores citam três razões para os depósitos coluviais serem considerados “problemáticos”: 1) a aparente natureza “caótica” dos depósitos coluviais é considerada quase intratável pela análise de fácies convencional; 2) os depósitos coluviais “são raramente preservados em registros geológicos porque são sujeitos a erosão e remoção” (SELBY, 1994); 3) a falta de estudos de campo significa uma carência de critérios de diagnóstico sedimentar.

Levando-se em consideração que os depósitos coluviais ocorrem como registro de ambientes passados e de seus processos superficiais dominantes, tais materiais certamente merecem pesquisas sedimentológicas.

No Brasil, o estudo da evolução de encosta pela análise de depósitos coluviais está concentrado principalmente na região Sudeste, onde seqüências coluviais constantemente apresentam estratigrafia pobremente definida e raramente são datadas com segurança. Tais estudos são marcados, sobretudo, pela associação de aspectos paleoclimáticos, geomorfológicos e estratigráficos, desde as propostas de correlação entre superfícies de erosão e depósitos correlativos (coluviais/aluviais) por Bigarella et al., (1965 a e b). Tal integração permite aprimorar o conhecimento sobre a evolução das encostas nos trópicos úmidos (MOURA et al., 1991). Um dos fatores determinantes para realização desses estudos foi a compreensão de que depósitos de encosta, geralmente constituídos de materiais coluviais e aluviais, reproduziriam em suas seqüências deposicionais registros da sua dinâmica evolutiva (MOURA, 1998).

### 4.3 O ESTUDO DO QUATERNÁRIO EM ÁREAS DE CABECEIRAS DE VALE

Por todo o leste do Brasil, complexas estratigrafias coluviais/aluviais têm sido descobertas, muitas vezes associadas com deslizamentos ou outros movimentos de massa na encosta (MODENESI-GAUTTIERI, 2000). Desde o trabalho de Bigarella & Mousinho (1965), os depósitos coluviais em áreas de encostas foram enfatizados como locais propícios ao estudo do Quaternário. As formas topográficas, suavemente inclinadas, formadas pela deposição de material coluvial, foram consideradas pelos autores como “rampas de colúvio”. Meis & Monteiro (1979) ampliaram o termo para “complexos de rampas de colúvio” (formadas pela coalescência das rampas de colúvio), associando sua dinâmica às cabeceiras de drenagem (ou vale) (MOURA et al., 1991).

Os estudos desenvolvidos a partir de então, sob perspectiva morfoestratigráfica<sup>1</sup> e aloestratigráfica<sup>2</sup> (devido às particularidades desses depósitos, principalmente em relação a feições sedimentares incipientes) passaram a considerar os complexos de rampa como base para estratigrafia relativa aos depósitos quaternários de encosta dos planaltos do Sudeste brasileiro (MEIS & MOURA, 1984; MOURA & MEIS, 1986; MOURA et al., 1991; MELLO, 1992; MOURA & SILVA, 1998).

A utilização da perspectiva morfoestratigráfica adotada por Meis e Moura (1984) passou a reconhecer as cabeceiras de vale em anfiteatro e as reentrâncias da topografia como unidades fundamentais da evolução geomorfológica, sedimentológica e pedogenética, capazes de reproduzir, em sua estrutura subsuperficial e na configuração geométrica de superfície, os processos que operaram na evolução da paisagem (MOURA 1998).

As pesquisas sobre a evolução das encostas em áreas de cabeceiras de vale passaram a considerar as formas côncavas como responsáveis pela convergência

---

<sup>1</sup> É a correlação das feições morfológicas deposicionais e/ou erosivas e suas respectivas idades (SUGUIO, 1998). São corpos sedimentares, identificáveis com base na estratigrafia, com relação genética direta entre as formas topográficas e os depósitos (MADEIRA & BORGHI, 1999).

<sup>2</sup> É a subdivisão do registro estratigráfico em corpos de rocha mapeáveis, definidos e identificados com base em suas superfícies de descontinuidades (MADEIRA & BORGHI, 1999).

hídrica, e as convexas pela divergência de fluxos (MOURA et al., 1991). Nas encostas retilíneas, os fluxos correriam paralelamente à linha de declive (COUTO et al., 2005).

Segundo Fernandes (1990), as porções côncavas do relevo representam zonas de convergência de fluxos superficiais e subsuperficiais e de materiais transportados ao longo das encostas, gerando, sobretudo, depósitos coluviais. Tais depósitos são constituídos de materiais provenientes de partes mais elevadas da encosta e podem estar intercalados a solos com propriedades físicas diferenciadas. Moura et al. (1991) consideram que os padrões de comportamento das unidades coluviais observados nos complexos de rampa, associados às feições morfológicas resultantes, levariam a duas condições de evolução de encostas: agradação e degradação do nível de base. A agradação produz pequenas alterações na morfologia, causando reafeiçoamento parcial da topografia, e a degradação promove intenso retrabalhamento dos materiais, acarretando reafeiçoamento total das formas do relevo (MOURA & SILVA 1998).

Estudos sobre a evolução das encostas na região do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul reconheceram sucessivos episódios erosivos e deposicionais através da definição de unidades aloestratigráficas (MOURA & MELLO, 1991). O resultado permitiu caracterizar pelo menos duas fases de instabilidade ambiental (MOURA & MELLO 1991; MOURA & SILVA, 1998). A primeira fase de instabilidade, ocorrida durante o Pleistoceno Superior, apresentou intensa atividade erosiva, responsável pela formação de extensos colúvios e entulhamento dos vales fluviais, ocasionando mudança no nível de base local (MOURA & MELLO, 1991). A intensa atividade erosiva ocorreu, provavelmente, sob condições de clima árido (MOURA, 1998). O entulhamento dos vales no Pleistoceno tardio causaria o represamento de canais e formação de lagos, documentados por depósitos argilosos, orgânicos e de origem fluvio-lacustre, datados em aproximadamente 10.000 anos (MOURA & MELLO, 1991). Na transição Pleistoceno-Holoceno, a região documentou a fase de estabilidade através da expansão da cobertura vegetal devido a condições de clima úmido (MOURA, 1998). Após esse período de estabilidade, registrou-se a segunda fase de instabilidade ambiental com importante geração de sedimentos por erosão linear acelerada, através de sistema de voçorocas. A grande quantidade de

sedimentos formados nesse período excedeu a capacidade de transporte dos canais, promovendo novo entulhamento dos vales (MOURA & MELLO 1991).

Ainda na Região Sudeste do Brasil, outro trabalho sobre a evolução de cabeceiras de vale foi realizado, por Modenesi-Gauttieri (2000), em áreas dos Altos Campos da Serra da Mantiqueira. Os resultados obtidos demonstraram que, durante o Pleistoceno, os eventos morfogenéticos foram mais ativos: os movimentos de massa provocaram a formação de anfiteatros de erosão e a deposição de espessos pacotes coluviais nas encostas. A partir do período que abrange a transição Pleistoceno e Holoceno, notou-se a redução da atividade morfodinâmica e mudança nos processos da encosta. Determinadas áreas registram períodos de estabilidade ambiental, evidenciada pela formação de espesso depósito rico em turfa e horizonte A escuro (últimos 8.500 anos A. P.). Já em outras áreas essa deposição de material turfoso foi interrompida pela deposição de camadas de areia, evidenciando atividade erosiva dentro do período de estabilidade. Não houve uniformidade nos padrões de evolução das encostas estudadas (MODENESI-GAUTTIERI, 2000).

Pesquisas realizadas na região Sul do Brasil basearam-se no estudo de cabeceiras de vale, nas quais foram constatados registros quaternários bem preservados (OLIVEIRA et al., 2001). Tais pesquisas abrangem setores do Segundo Planalto Paranaense (PR) e do Planalto Norte Catarinense (SC) situados em altitudes entre 900 e 1.300 metros acima do nível do mar. São áreas sob regimes climáticos nos quais os efeitos da erosão foram menos intensos, favorecendo, provavelmente, a preservação de registro passível de interpretação paleoidrológica. Esses registros sedimentares quaternários apresentam qualidades dificilmente encontradas em outras áreas (a região Sudeste, por exemplo). De fato, nesses depósitos, são constatados preservação de litologias bem delimitadas, feições erosivas, horizontes de solo passíveis de datações e estruturas sedimentares em materiais colúvio-aluviais.

Pesquisas realizadas no sul do Segundo Planalto do Paraná demonstram que o registro quaternário apresenta qualidades quanto ao seu caráter litológico, cronológico, biológico e sedimentológico. Tais qualidades permitiram que fossem usadas técnicas diferenciadas de análise desses materiais, entre as quais a micromorfologia de solos para interpretação de microestruturas sedimentares. Os

resultados obtidos mostraram que as encostas vêm sendo submetidas a fases alternadas de estabilidade e formação de depósitos coluviais há pelo menos 44.000 anos (CAMARGO, 2005; CAMARGO FILHO, 2005; OLIVEIRA et al., 2001). Essas fases indicam tendência a esfriamento e redução da disponibilidade ou concentração de umidade em determinados períodos entre 44.000 e 20.000 anos A. P., correspondendo às condições de período glacial (CAMARGO FILHO, 2005). As fases de instabilidade foram constatadas pelo predomínio de processos erosivos em encostas através de estruturas sedimentares (estruturas de corte e preenchimento de canal, por exemplo) e pelas camadas coluviais lenticulares paralelas, depositadas por fluxos difusos. As fases de estabilidade foram identificadas principalmente pela formação de paleossolos (CAMARGO FILHO, 2005) e paleorizontes organo-minerais (CAMARGO, 2005). O período estudado compreende o Pleistoceno Tardio, que é caracterizado pela Última Grande Glaciação, quando se constata resfriamento global e déficit hídrico nas regiões tropicais e subtropicais. No entanto, a observação de paleossolos nas áreas estudadas sugere que, mesmo nos períodos mais frios do Quaternário, havia umidade atmosférica propícia ao desenvolvimento de horizontes húmicos, hidromórficos e turfas (OLIVEIRA et al., 2001).

Os trabalhos realizados nas regiões Sul e Sudeste do Brasil demonstram que a estratigrafia do Quaternário apresenta resultados que permitem interpretações sobre a evolução quaternária em áreas de cabeceira de vale, embora algumas vezes divergentes. É possível que tal situação se relacione ao fato de que alterações climáticas podem refletir mudanças do clima pretérito global, ou fenômenos regionais, ou locais (CAMARGO FILHO, 2005). Elas podem ocorrer em diferentes escalas de tempo: algumas durante os períodos glaciais e interglaciais, outras em décadas ou até mesmo em horas. Devido a esses fatores, os estudos do Quaternário, fundamentados em dados de registros estratigráficos e geomorfológicos, requerem a comparação com dados representativos (*proxy data*) e exigem qualidade nos registros quaternários para se propor quadros evolutivos consistentes (OLIVEIRA et al., 2005). Novos trabalhos são necessários para melhor identificar as mudanças climáticas globais e/ou locais e processos envolvidos. Em função da qualidade do registro quaternário encontrado na área do Cerro do Touro (SC) e como forma de contribuição aos trabalhos realizados na área, a seção estudada foi escolhida para a análise detalhada de estruturas sedimentares.

Registros quaternários estudados em áreas de cabeceiras de vale no Planalto de São Bento do Sul demonstram grande potencial para reconstrução paleoidrológica, devido, principalmente, à constatação de litologias bem delimitadas, estruturas sedimentares preservadas e paleorizontes pedológicos propícios a correlações cronológicas (LIMA, 2002; OLIVEIRA et al., 2005; SANT'ANA, 2005; LIMA, 2005; OLIVEIRA et al., 2006). Tais características foram preponderantes para definir a seção estratigráfica localizada em Cerro do Touro, Campo Alegre (SC), como objeto de estudo. O presente trabalho trata da análise textural e micromorfológica de estruturas sedimentares quaternárias.

#### **4.4 OS REGISTROS QUATERNÁRIOS NO CERRO DO TOURO - SC**

Trabalhos realizados na localidade de Cerro do Touro, em Campo Alegre (SC), desde 1997, comprovam que a área guarda o registro de oscilações paleoambientais e de suas relações com a dinâmica atmosférica durante períodos de mudanças climáticas do Quaternário (OLIVEIRA & PEREIRA, 1998; OLIVEIRA et al., 2001; LIMA, 2002; SANT'ANA, 2005; LIMA, 2005; OLIVEIRA et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2008).

As pesquisas realizadas em diferentes seções estratigráficas permitiram estabelecer o quadro evolutivo para áreas de cabeceiras de vale em período que abarca o final do Pleistoceno e Holoceno médio. Os registros observados indicam fases de instabilidade ambiental caracterizados por deposição de camadas colúvio-aluviais, intercaladas com período de estabilidade e formação de horizontes pedológicos, entre os Estágios Isotópicos Marinho (EIM) 5b e 1.

Segundo Oliveira et al. (2006), as seções estratigráficas estudadas apresentam a seguinte síntese evolutiva. a) Durante o Pleistoceno Superior (EIM 5b e EIM 4), teria ocorrido, inicialmente, a deposição de camada colúvio-aluvial sobre o manto de intemperismo local, em torno de 90 ka A. P. Essa camada foi enriquecida gradualmente por material orgânico, marcando o início de horizonte turfoso

associado a ambiente alagado na cabeceira de vale. A constatação desse episódio de sedimentação e pedogênese, durante o Último Estágio Glacial, sugere mudanças de padrão hidrológico local nas áreas estudadas, evidência rara em áreas tropicais e subtropicais. b) No período correlacionável ao interestádio do EIM 3, verifica-se clima mais frio e mais seco do que o atual. Apesar disso, foi constatado período com umidade suficiente para o desenvolvimento de horizonte turfoso à aproximadamente 50.000 A. P. Posteriormente, condições de degradação ambiental afetaram o depósito turfoso, implicando erosão e sedimentação colúvio-aluvial, compactando e deformando esse depósito. Ainda no EIM 3, segue período de estabilidade ambiental durante o qual se desenvolve um horizonte pedológico superficial (A moderado), que, posteriormente, é truncado pela erosão. c) Entre 19.000 e 15.000 A. P. (EIM 2), lentes colúvio-aluviais paralelas se espalham sobre as encostas, provavelmente sob influência de fluxos difusos. Em torno de 15.000 A. P. horizontes pedogenéticos superficiais se desenvolvem na transição EIM 2 e EIM 1, acumulando espesso horizonte superficial húmico. Erosão por ravinas e voçorocas afeta o local em período ainda não determinado, após 15 ka A. P. As estruturas de corte e preenchimento criadas indicam mudança do padrão hidrológico anterior, dominado por fluxos difusos, que, agora, ocorrem na forma de escoamento superficial concentrado. Após esse período de erosão, é observado o desenvolvimento de espessos horizontes A húmicos durante o Holoceno (LIMA, 2005). d) Os registros holocênicos individualizados na área indicam pulsos de sedimentação que geraram depósitos constituídos por lentes colúvio-aluviais finamente estratificadas. Semelhanças entre estruturas quaternárias (observadas em depósito de datação holocênica) e atuais (em depósito originado em março de 2002, após três dias de precipitação) sugerem a existência de clima seco em ambiente com encostas desprovidas de cobertura vegetal no Holoceno Médio (OLIVEIRA et al., 2006).

Os resultados obtidos das seções estratigráficas em áreas de cabeceira da localidade do Cerro do Touro demonstram que, durante períodos com tendência ao resfriamento (EIM 5b, EIM 4 e EIM 2), há formação de espessos horizontes superficiais húmicos, turfosos e hidromórficos pressupondo a existência de umidade em períodos geralmente correlacionados a clima mais seco ou árido em áreas tropicais e subtropicais (BIGARELLA & MOUSINHO, 1965; BIGARELLA et al., 1965 a). O desenvolvimento de tais horizontes demonstra que o aumento da umidade

local não ocorreu necessariamente associado à elevação da temperatura e que períodos de resfriamento da atmosfera não acarretaram necessariamente déficit hídrico. Essas condições ambientais locais podem ser explicadas em função do padrão hidrológico típico das cabeceiras de vale, que propicia concentração e retenção de umidade no solo (OLIVEIRA et al., 2006). Evidências de predomínio do escoamento superficial como principal agente morfogenético, durante a última glaciação e no Holoceno (IDEM) correspondem, na área, a eventos episódicos, responsáveis pela formação de depósitos de canais e espessos pacotes de material coluvial (LIMA, 2005).

As características sedimentológicas e a presença de estruturas sedimentares encontradas na seqüência pedoestratigráfica no Cerro do Touro favorecem a utilização da técnica de micromorfologia de solo para caracterizar processos deposicionais. Como forma de contribuição aos trabalhos realizados em áreas de cabeceiras de vale, propõe-se continuar o reconhecimento e a caracterização de seção estratigráfica quaternária na localidade do Cerro do Touro, em Campo Alegre – SC, através da análise de macro e microestruturas sedimentares. Pretende-se, portanto, caracterizar os depósitos preservados em registros estratigráficos, salientando sua articulação com as modificações do relevo ao longo do tempo. A análise estratigráfica aliada à caracterização sedimentológica e micromorfológica, além de datações já obtidas, permitirão traçar, de modo mais preciso, o quadro evolutivo da área de estudo, contribuindo para estabelecer o quadro de evolução ambiental das áreas planálticas do Sul do Brasil.



## **5. PROCESSOS EROSIVOS E DEPOSICIONAIS EM ENCOSTAS E AS ÁREAS DE CABECEIRAS DE VALE**

### **5.1 PROCESSOS E MATERIAIS QUE RECOBREM AS ENCOSTAS**

A principal força atuante nas encostas é a gravidade. Ela pode atuar diretamente no movimento de algumas partículas sedimentares, mas na maioria das vezes atua em conjunto com outros agentes, principalmente com águas correntes (VELOSO, 2007). O movimento da água pelas encostas exerce forças internas e externas nas partículas e clastos que são importantes no transporte de materiais nas encostas (SELBY, 1994). Nesse contexto, pode-se dizer que as condições hidrológicas controlam o comportamento e processos atuantes nas encostas (COUTO et al., 2005), através da ação de diversos fatores, como: volume e intensidade da precipitação, propriedades (físicas, químicas, mecânicas e hidráulicas) dos solos, declividade, cobertura vegetal, fauna e morfologia das encostas (FERNANDES, 1990). Tais fatores podem atuar isoladamente ou interagindo entre si.

Sedimento é o material originado por intemperismo e erosão de rochas e solos que é transportado por agentes geológicos (rio, vento, gelo, correntes) e geralmente acumulado em locais topograficamente mais baixos (UNB, 2007). A maior parte dos sedimentos origina-se do intemperismo de vários tipos de rochas que se decompõem e se fragmentam. Quando esses fragmentos são retirados de seu lugar de origem, normalmente são transportados e posteriormente depositados. Os depósitos sedimentares resultam desses eventos, o que significa dizer que eles são criados pela deposição de materiais, anteriormente erodidos e transportados.

As encostas são unidades do relevo que estão submetidas a grande variedade de processos como: intemperismo (químico e físico), formação de solos e processos erosivos e sedimentares (SELBY, 1994). Os processos atuantes nas encostas diferem através da paisagem e variam em magnitude e frequência ao longo do tempo (IDEM). Variáveis como: forma, declividade e comprimento da

encosta, cobertura vegetal, condições climáticas (temperatura e precipitação) são importantes fatores controladores de processos.

Bertran e Texier (1999) propõem classificação para processos de transporte em encosta que reflete a forma e a velocidade do movimento, o tamanho do grão e as propriedades reológicas do material em movimento (**Quadro 1**).

**Quadro 1:** Classificação de processos de encosta.

| Concentração de sedimentos    | Baixa           |                        | Intermediária          | Alta           |                                |
|-------------------------------|-----------------|------------------------|------------------------|----------------|--------------------------------|
| Principal fluido intersticial | Ar              | Água                   | Água + finos           | Ar             | Água + finos                   |
| Processos                     | Queda de blocos | Escoamento superficial | Escoamento superficial | Fluxo de grãos | Fluxo de detritos (liquefação) |
|                               |                 | Fluxo canalizado       | Fluxo hiperconcentrado |                | Deslizamento de terra          |

Fonte: Modificado de Bertran e Texier (1999).

Para Bertran e Texier (1999), diferentes processos de encosta podem gerar feições microscópicas semelhantes, sendo necessário o uso combinado das análises macro e microscópicas e granulométricas para diagnóstico confiável. No entanto, algumas características dos depósitos podem ser citadas (BERTRAN & TEXIER, 1999), veja-se a seguir. **a)** Nos depósitos gerados por quedas de blocos, as rochas caem de uma encosta inclinada como partículas ou assembléias altamente dispersas por rolamento, saltação ou deslizamento. Produzem fábrica clástica aleatória ou fraca orientação preferencial paralela à inclinação. **b)** No escoamento superficial, a concentração de sedimentos pode ser baixa ou intermediária. A espessura da água que flui na encosta é, em geral, de poucos milímetros, o que promove uma pobre separação de carga de leito e partículas suspensas. **c)** Fluxos de grão correspondem a fluxos secos de fragmentos coesivos de encosta muito íngreme. Geralmente produzem depósitos estratificados com gradação inversa, forte imbricação dos clastos e orientação preferencial paralela à inclinação. **d)** Avalanches correspondem ao fluxo de grandes volumes de material que se desintegraram no processo de deslizamento ou colapso em encostas inclinadas. **e)** O fluxo de detritos constitui o fluxo de sedimentos liquefeitos, gerados pela remoção de material

acumulado em voçorocas ou de deslizamentos acrescidos de água. **f)** Deformações em depósitos são associadas com deslizamentos de pequena magnitude, que ocorrem na parte baixa da encosta (SELBY, 1994).

Bertran & Jomelli (2000) defendem que uma distinção fundamental deve ser feita para depósitos subaéreos (como no caso dos colúvios), entre fluxo de detritos, no qual o fluido intersticial é água, e fluxo de grão, em que o fluido é ar. Embora ambos sejam fluxos granulares, seu contexto deposicional, fatores de funcionamento e fácies são diferentes. **Fluxos de detritos** (*debrisflows*) são gerados pela liquefação de fragmentos pouco consolidados, principalmente pela incorporação de água em um deslizamento de terra, causando depósitos estratificados grossos na encosta, que pode ser muito suave. Em contraste, os **fluxos de grãos** (*grainflows*) estão ligados à queda de rocha de taludes, quando a encosta é muito íngreme, devido à acumulação de fragmentos no ponto mais alto do talus ou por causa da erosão basal, por exemplo, um rio ou geleira. Fluxos de grãos produzem depósitos íngremes e estratificados (geralmente  $>33^\circ$ ) com classificação do tamanho bem diversificado. A distinção entre os dois processos é importante para reconstrução do passado sedimentar e ambientes climáticos. Fluxos de grãos são favorecidos por uma intensa produção de fragmentos da parede da rocha (*rock walls*), principalmente em ambientes periglacial (mas nem sempre). Já os fluxos de detritos podem ocorrer em conexão com eventos climáticos de longa extensão.

Considerando o exposto, convém lembrar que grande parte das encostas é coberta por vários materiais que podem ser derivados do intemperismo da rocha matriz ou de materiais transportados. Sob perspectiva sedimentológica e/ou de alteração de materiais, as encostas podem constituir-se dos seguintes materiais:

**a) Eluvio/alterita:** É uma acumulação residual de materiais que ocorrem sobre a rocha fonte que não foi transportado (ALLABY E ALLABY, 1999). É o material de alteração formado *in situ* pelo intemperismo da rocha subjacente, que, apesar de constituir manto muito decomposto quimicamente, pode, por vezes, preservar a estrutura original da rocha (MENDES, 1984). Geralmente forma contato gradacional com a rocha subjacente (CASSET, 2007).

**b) Paleossolos:** São solos originados no passado geológico que podem se apresentar na superfície do terreno ou soterrados em subsuperfície (SUGUIO, 1998). Eles são testemunhos diretos da ação de um sistema de erosão sobre as rochas, podendo estar associados à desagregação mecânica ou à decomposição química. Além disso, possibilitam inferências quanto aos processos que concorreram para a elaboração do relevo (CASSET, 2007). Os paleossolos constituem bom registro com potencial para interpretações paleoambientais por resultarem de três grupos de fatores ambientais: clima, organismos vivos e relevo além, evidentemente, do tempo de atuação desses fatores (NETTLETON et al., 2000). Não raro, esses horizontes encontram-se intercalados e sobrepostos por unidades colúvio-aluviais (CAMARGO FILHO, 2005).

**c) Turfeiras/Solos orgânicos:** Turfeira é um ambiente onde é depositado o material turfoso, ou seja, a turfa. A turfa é uma substância fóssil, orgânica e mineral, originada da decomposição de restos vegetais, encontrada em áreas alagadiças, como várzeas de rios, planícies costeiras e regiões lacustres (FRANCHI et al., 2003). De acordo com (SHOTYK, 1991), para ser considerada uma turfeira, a quantidade de turfa deve ser superior a 30 cm, pois, do contrário, será considerada solo orgânico. Tais ambientes desenvolvem-se em locais onde há abundância de água oferecendo condições oportunas para o acúmulo de depósitos orgânicos derivados de gerações consecutivas de vegetais que crescem, morrem e submergem na água (FRANCHI et al., 2003). Os restos vegetais podem constituir elementos representativos (*proxy data*) da evolução ambiental em áreas continentais, sendo valiosos registros de mudanças ambientais.

**d) Alúvios:** São detritos ou sedimentos clásticos de qualquer natureza, carregados e depositados pelos rios (GUERRA, 1978). Depósito fluvial detrítico formado no Quaternário (SUGUIO, 1998). O termo “aluvial” é aplicado a ambientes, ação e produtos de rios ou outro corpo de água corrente (ALLABY E ALLABY, 1999). Compreende os sedimentos selecionados de argila, silte, areia, cascalho ou qualquer material detrítico inconsolidado, depositados em leito de rio, planícies de inundação, delta, leque ou na base de encostas com maior declividade (Bates & Jackson, 1987, *apud* MENEZES & KAZANCINI, 1999).

**e) Colúvios:** Referem-se aos depósitos detríticos, formados no sopé das encostas, transportados principalmente por ação da gravidade (SUGUIO, 1998). É aplicado fragmentos de rocha intemperizados que foram movidos encosta abaixo por deslizamento ou escoamento superficial (ALLABY & ALLABY, 1999). O colúvio é constituído tipicamente de material de granulação grossa e muito imaturo, depositado na parte baixa de encosta montanhosa ou outro escarpamento topográfico (Bates e Jacson, 1987, *apud*, MENEZES & KAZANCINI, 1999), onde normalmente assume maiores proporções quando não é trabalhado ou retirado por outros processos, como o fluvial (CASSET, 2007). Constitui material heterogêneo e incoerente, transportado pela ação da gravidade ou pelo escoamento superficial (enxurradas, deslizamentos etc.), onde os movimentos de massa foram importantes (BIGARELLA & MOUSINHO, 1965). Os colúvios são pouco estratificados ou não apresentam estratificação, sendo facilmente diferenciados dos solos originais (alterados *in situ*), algumas vezes facilmente identificados pela existência de paleopavimentos que os separam dos materiais subjacentes (CASSET, 2007). Os depósitos coluviais ocorrem em praticamente todas as zonas climáticas e são reconhecidos como um importante produto de processos de redução da encosta, valioso registro de atividade tectônica e um sinal de importante significado de mudanças climáticas que certamente merecem pesquisas sedimentológicas e completa identificação (MENEZES & KAZANCI, 1999). Devido aos distintos fenômenos envolvidos em sua formação e a escassez de trabalhos que definam o termo com melhor precisão, são encontradas divergências na consideração do conceito de colúvio (SANTOS & VIDAL, 2003). Em encosta de menor inclinação, muitos dos colúvios estão em forma de sedimentos laminados, devido a fluxos superficiais (*sheet-flood*), fluxos de lama de baixos ângulos e acumulações de areia de origem desconhecida; por isso, o termo “colúvio” é, por si só, ambíguo, necessitando cuidado especial na discussão desses depósitos em especificar os possíveis processos de sua formação (THOMAS, 1994).

Os conceitos de Alúvio e Colúvio são importantes neste trabalho para a definição das unidades sedimentares encontradas na seção estudada. Levando em consideração o exposto acima, os depósitos aluviais seriam formados por rios ou por corpos de água corrente. Segundo Santos e Vidal (2003), tais depósitos são

identificados, geralmente, pela ordenação granulométrica de sua sedimentação (formação de estratificação). Já os depósitos colúviais são formados pela ação da gravidade ou pelo escoamento superficial, relacionado ao desgaste das encostas promovido pela lixiviação dela, por fluxos laminares de origem pluvial (SANTOS & VIDAL, 2003). No entanto, tais materiais apresentam pouca ou nenhuma estratificação (SELBY, 1994; CASSET, 2007). Segundo Selby (1994), a estratificação incipiente verificada em alguns colúvios seria diagnóstico de transição para alúvio.

A seção estratigráfica escolhida para este trabalho apresenta estruturas sedimentares e selecionamento de sedimentos que ocorrem no ambiente de encosta com transição para a calha fluvial; os processos que aí se verificam também se alternam entre os de encosta e os de canal. Na carência da definição de termos para materiais localizados nessa transição – onde a calha fluvial e os corpos de água corrente não são ainda formados, mas que apresentam fluxos com água suficiente para a formação de estruturas sedimentares –, será utilizada a expressão “colúvio-aluvial” para designar tais depósitos.

Na área de estudo do Cerro do Touro, os depósitos são constituídos de materiais colúvio-aluviais, que apresentam estruturas sedimentares bem preservadas. Essas características talvez estejam relacionadas ao fato de estarem essas áreas situadas em cabeceira de vale, cujas condições ambientais, ao longo do tempo, podem ter favorecido o desenvolvimento e a preservação das estruturas sedimentares visíveis nesses materiais.

## 5.2 PROCESSOS EROSIVOS E DEPOSICIONAIS EM ÁREAS DE CABECEIRAS DE VALE

Na década de 60, foi enfatizada a importância de se identificar superfícies geomorfológicas produzidas por eventos de erosão e seus depósitos correlativos (BIGARELLA et al., 1965 b). Vimos que as encostas são setores do relevo onde os processos erosivos e sedimentares são recorrentes, o que resulta, entre outras coisas, na formação de depósitos sedimentares constituídos por materiais variados. Nesse contexto, a análise nas encostas tem constatado setores que mantêm registros de processos passados, razão pela qual as cabeceiras de vale são consideradas unidades fundamentais da evolução do relevo. De fato, nelas foram constatadas modificações ocorridas nas encostas, devidas principalmente à dissecação do relevo, ocasionada por processos erosivos e deposicionais gerados por desequilíbrio hidrológico ao longo do tempo (OLIVEIRA, 1999).

As cabeceiras de vale são formas de relevo características de bacias hidrográficas, que contribuem para a formação de mananciais, olhos-d'água e canais de primeira ordem (DIETRICH E DUNNE, 1993). São áreas consideradas iniciadoras da rede de drenagem superficial, tendo em vista que desenvolvem fluxos temporários durante chuvas de alta magnitude. Sobre sua topografia predomina rede de vales não-canalizados que alimentam canais fluviais (MOURA, 1998). As características geométricas dessas áreas condicionam a concentração de processos de escoamento de água e transporte de sedimentos. São setores do relevo que possibilitam a conexão entre a adaptação da rede de drenagem e os principais processos de erosão (DIETRICH E DUNNE, 1993). Segundo esses autores, os principais processos envolvidos na formação das cabeceiras de vale são os definidos a seguir.

**a) Fluxo superficial (hortoniano e saturado):** é o fenômeno em que as águas meteóricas (chuva, neve etc.) correm pela superfície do terreno, provocando a erosão do solo (SUGUIO, 1998). Nesse tipo de fluxo, o transporte de partículas ocorre como resultado de tensões cisalhantes que superam a resistência estática das partículas individuais (OLIVEIRA, 1999). O escoamento superficial pode ser

gerado por dois fluxos que se diferenciam em função dos mecanismos envolvidos em sua formação, dando origem ao escoamento hortoniano e ao escoamento saturado (Dunne, 1990 *apud* PAISANI & OLIVEIRA, 2001).

- Escoamento hortoniano: ocorre nos casos em que a intensidade da chuva é superior à capacidade de infiltração instantânea no solo, formando poças e iniciando o escoamento superficial (Horton, 1945 *apud* GUERRA, 1999).
- Escoamento saturado: ocorre pelo afloramento ou emergência do lençol freático na superfície topográfica. A zona subsuperficial saturada ou lençol freático pode ser gerado em pouca profundidade, sobre a rocha alterada e/ou são, ou em situações de descontinuidade hidrológica produzidas por variações texturais ou de decréscimo na condutividade hidráulica em profundidade (PAISANI & OLIVERA, 2001). O escoamento saturado supõe que a água infiltra no solo e se move encosta abaixo subsuperficialmente para se juntar ao fluxo de base superficial que formam os cursos hídricos (COELHO NETTO, 1994).

**b) Percolação:** A água infiltrada e estocada no solo, que não retorna a atmosfera por evaporação, recarrega o reservatório de água subsuperficial e daí converge, muito lentamente, para as correntes de fluxos (COELHO NETTO, 1994). A percolação ocorre quando essa água atravessa o meio poroso e aflora em uma superfície exposta, mobilizando os materiais e modificando a topografia (OLIVEIRA, 1999). A água, ao percolar o solo como fluxo gravitacional, sofre a resistência da força capilar, que aumenta na medida em que os diâmetros dos poros se tornam menores (COELHO NETTO, 1994). “É o movimento descendente da água no interior do solo por efeito da gravidade quando a tensão da água for inferior a  $\frac{1}{2}$  atm” (SUGUIO, 1998). Segundo UNB (2007), a percolação é a migração de fluidos ( $H_2O$ ,  $CO_2$ , F, etc.) na forma de um fluxo laminar através de pequenas fraturas, fissuras, clivagens e/ou poros de material sólido (minerais, rochas, sedimentos, solos etc.).

**c) Erosão em túneis:** Quando a erosão por percolação atinge a parede de macroporos, causa desestruturação da superfície de vazamento, favorecendo a formação de túneis e dutos (OLIVEIRA, 1999). Esse tipo de erosão ocorre sob



efeito de água de escoamento superficial e subsuperficial que penetra em furos biogênicos, ou fendas de diversas origens (IDEM).

As cabeceiras de vale são setores que possibilitam a conexão entre a adaptação de canais fluviais e os principais processos de erosão entre encostas e vales, onde o escoamento superficial começa a organizar-se através de fluxos que se concentram, podendo definir e manter canais fluviais (DIETRICH & DUNNE, 1993). De fato, consideradas unidades fundamentais da evolução do relevo em áreas de encosta, as cabeceiras de vale apresentam os principais mecanismos de erosão, transporte e sedimentação atual, assim como evidências da dinâmica quaternária.

No entanto, nem sempre os registros quaternários permanecem preservados nas áreas de cabeceiras de vale. Nas faixas tropicais e subtropicais, caso do Brasil, os materiais que constituem as encostas podem ser constantemente retrabalhados, comprometendo a preservação do registro quaternário. Além disso, as encostas são constituídas, predominantemente, por materiais coluviais ou colúvio-aluviais caracterizados por pouca ou nenhuma estrutura sedimentar, o que tem dificultado a compreensão desses depósitos, particularidades essas que são observadas nas pesquisas realizadas no Sudeste do Brasil com enfoque estratigráfico.

Os trabalhos realizados em Santa Catarina e Paraná confirmam as áreas de cabeceiras de vale como pontos privilegiados nos quais podem ser estudados os principais processos hidrológicos atuais e processos quaternários (OLIVEIRA et al., 2001). Ainda não se sabe claramente os motivos, mas, nessas áreas, foram constatados ricos registros quaternários através da observação de incisões erosivas, depósitos e estruturas sedimentares bem preservadas. A seção estratigráfica na qual este trabalho está focado encontra-se inserida em ambiente típico de cabeceira de vale. A sua escolha como objeto de estudo levou em consideração o fato de esse ambiente favorecer a concentração de diversos tipos de fluxos hidrodinâmicos, com grandes possibilidades de gerar diferentes estruturas sedimentares. Realmente, nesses depósitos, foram constatados episódios de erosão e sedimentação, intercalados a períodos de formação de solos. Tais eventos permaneceram registrados em depósito turfoso, remanescentes de paleorizonte, depósitos colúvio-aluviais e variadas estruturas sedimentares bem preservadas.

## **6. ESTRUTURAS SEDIMENTARES COMO INDICADORES PALEOAMBIENTAIS**

Processos erosivos e deposicionais são causados por vários mecanismos que atuam em diferentes escalas temporais e espaciais e são responsáveis pela criação de feições erosivas e estruturas sedimentares, geralmente contidas em depósitos e rochas como testemunhos dos eventos ocorridos ao longo do tempo. Quase todos os depósitos são criados por transporte de material (NICHOLS, 2000). O meio em que são transportados e o ambiente de sedimentação constituem os fatores mais importantes a serem considerados no estudo de caráter sedimentológico (REINECK & SINGH, 1980).

O movimento dos detritos pode ocorrer pela simples ação da gravidade, porém, geralmente, resulta de fluxos de água, ar, gelo ou misturas densas de sedimentos e água (NICHOLS, 2000). O transporte sedimentar ocorre sempre através de um meio fluido, parado ou em movimento, resumindo-se, portanto, na atuação de forças no interior desses fluidos (RICCOMINI et al., 2001). O entendimento da dinâmica de fluidos fornece base física para discussão de transporte de sedimentos e formação de estruturas sedimentares (NICHOLS, 2000). É da interação de fluidos com material não-coesivo que são produzidas determinadas estruturas sedimentares (SELLEY, 1988).

O ambiente de sedimentação corresponde à unidade geomorfológica onde se processa a sedimentação (SUGUIO, 2003). O conhecimento dos ambientes de sedimentação atuais auxilia a interpretação de paleoambientes, pois neles se alternam fases de erosão e deposição ao longo do tempo (SELLEY, 1988). Trata-se de uma parte da superfície terrestre onde atuam variáveis físicas, químicas e biológicas (fauna, flora, características geológicas e geomorfológicas, clima, tempo, profundidade, temperatura etc.) estreitamente ligadas e em equilíbrio dinâmico, ou seja, a mudança em uma das variáveis causa mudança em todas as outras. O aspecto físico dos sedimentos, como a textura dos grãos e as estruturas sedimentares, pode fornecer informações sobre as condições do paleoambiente de deposição (REINECK & SINGH, 1980; MENDES, 1984).

A interpretação das condições hidrodinâmicas de determinado ambiente pode ser feita pelo estudo dos registros sedimentológicos. A análise de estruturas sedimentares primárias e parâmetros texturais dos grãos, por exemplo, pode ajudar a inferir as condições hidrodinâmicas sob as quais certos sedimentos foram depositados. Segundo Reineck e Singh (1980), as estruturas sedimentares primárias e a textura do sedimento são as feições que fornecem as melhores informações sobre o meio, o modo de transporte e as condições de energia no momento da deposição (profundidade da água, velocidade do fluxo, turbulência e outros). Quanto mais vigorosas ou instáveis forem as condições ambientais, maior o volume e a dimensão do calibre dos detritos que se acumulam no depósito, embora isso não seja uma regra absoluta. A desagregação mecânica, associada ao clima semi-árido ou árido, fornece detritos grosseiros. Já a decomposição química, relacionada a um clima úmido, origina detritos finos, embora um rápido decréscimo do calibre do material para jusante evoque um clima de aridez marcante (CASSET, 2007).

Algumas interpretações (inferências) paleoidrológicas podem ser favorecidas pela análise dos parâmetros texturais de sedimentos, por exemplo:

**a) Significação do tamanho das partículas (seleção):** em geral, demonstra as condições de energia do agente de transporte (MENDES, 1984). Segundo Heineck e Singh (1980), normalmente, sedimentos grossos são encontrados em fluxos de alta energia e sedimentos finos, em fluxos de baixa energia; no entanto, um importante fator limitante é a variabilidade dos tamanhos de grãos em determinado depósito. Além disso, em ambiente fluvial, por exemplo, o tamanho do grão diminui na direção do transporte para jusante. A diminuição do tamanho do grão em correntes (*down-current*) é relacionada a dois processos: abrasão e selecionamento. No primeiro, a diminuição do tamanho do grão é causada pelo desgaste e rompimento dos grãos, sendo mais importantes para seixos do que para materiais arenosos. O selecionamento é provavelmente, o principal fator para a diminuição do tamanho do grão, especialmente, em sedimentos arenosos. Com o aumento da energia e competência de transporte médio, os sedimentos grossos são depositados, e somente material fino é transportado (REINECK & SINGH, 1980).

**b) Forma e arredondamento das partículas:** demonstram a modalidade de transporte sofrido e as características físicas da rocha-fonte, assim como a maturidade ou não do depósito (MENDES, 1984); material com bom arredondamento e esfericidade indicam alta maturidade do sedimento. A forma dos detritos expressa o grau de transporte do material: a diminuição da angularidade do material significa maior distância de transporte, que, geralmente, é feito por água (CASSET, 2007). O grau de esfericidade dos detritos aumenta conforme a percurso do transporte ou com o tempo disponível para o desgaste e rompimento deles (REINECK & SINGH, 1980). A forma e o arredondamento dos grãos sedimentares dependem do meio e modo de transporte, no entanto, a composição mineralógica, as estruturas internas inerentes aos grãos e a forma original dos grãos minerais são fatores importantes de controle para tais características (IDEM). Existem várias formas de grãos características, que são originadas em ambientes específicos.

**c) Maturidade textural:** está relacionada às mudanças texturais que um sedimento detrítico sofre, desde o intemperismo da rocha matriz até a erosão, transporte e deposição (SUGUIO, 1998). Traduz o estágio de diferenciação que o sedimento apresenta em relação ao seu material de procedência, no tocante ao teor de argila, grau de seleção, arredondamento da fração grossa e minerais presentes (MENDES, 1984). Materiais imaturos seriam caracterizados por grãos pobremente selecionados, pouco arredondados e contendo muita argila. Os materiais com as características completamente contrárias seriam considerados “supermaturos” (SUGUIO, 1998).

**d) Fábrica primária (orientação dos grãos):** reflete as condições hidrodinâmicas ou aerodinâmicas vigentes ao tempo de deposição (MENDES, 1984). Os grãos não-esféricos possuem orientações em relação ao plano vertical e horizontal. Quando significativo número de grãos apresenta a mesma direção, é considerado como orientação preferencial da fábrica primária de um sedimento. A orientação dos grãos sedimentares (por exemplo, da fábrica primária) é controlada principalmente pelo meio de transporte, pelo tipo de fluxo, pela direção e velocidade da corrente e também pela morfologia da superfície de deposição (REINECK & SINGH, 1980). Seixos e grãos de areia alongados tendem a adquirir orientação preferencial paralela a direção do fluxo, mas, em geral, as direções determinadas

de grãos arenosos mostram forte variabilidade, sendo aconselhável a sua utilização para caracterização local (IDEM).

Quanto maior a qualidade do registro sedimentar, maiores as chances de tais parâmetros auxiliarem as interpretações do ambiente deposicional. Na seqüência deposicional estudada, o registro sedimentar apresenta interesse devido à preservação de quantidade de estruturas sedimentares, unidades sedimentares e horizontes de solos bem definidos e parâmetros texturais claramente identificáveis.

Levando-se em consideração que os parâmetros físicos dos sedimentos são manifestações diretas do meio deposicional e das condições de energia predominante no momento da deposição, é possível que a utilização desses dados sedimentológicos forneça indicações das mudanças ambientais no depósito estudado na localidade do Cerro do Touro (SC). A qualidade do registro sedimentar, nesse local provavelmente favorecerá a compreensão da relação entre dados sedimentológicos e processos deposicionais. Para tal, as unidades sedimentares encontradas na seção estudada serão analisadas macro e microscopicamente para definir parâmetros sedimentares, padrões de estruturas sedimentares e processos deposicionais.

A utilização das análises macro e microscópica de estruturas sedimentares torna-se necessária nesse estudo, principalmente, pelo fato de os depósitos da seção estudada serem formados por clastos altamente intemperizados, o que impossibilita a análise textural convencional.

## 6. 1 AS ESTRUTURAS SEDIMENTARES E SUA CLASSIFICAÇÃO

“Estrutura sedimentar é a feição encontrada na superfície ou no interior de um sedimento ou rocha que tenha sido originado durante ou após a sedimentação, com participação de fatores físicos, químicos ou biológicos” (SUGUIO, 1998, p. 314). As estruturas sedimentares são formadas como resultado de interações entre gravidade, características físicas dos sedimentos e do fluido e condições biológicas do ambiente. Por fornecer informações importantes sobre as condições hidráulicas do ambiente de deposição, podem ser consideradas boas indicadoras dos processos operantes no ambiente deposicional (REINECK & SINCH, 1980). O conhecimento dos processos sedimentares é importante, pois favorece a compreensão dos fatores ambientais que tiveram influência na produção, no transporte, na deposição e na modificação subsequente do sedimento (PETTIJOHN, 1963).

Vários fatores condicionam a formação de estruturas sedimentares, entre os quais podemos citar: o meio de deposição, a energia das correntes e a profundidade da água, ou seja, fatores hidrodinâmicos (SUGUIO, 2003). Diferentes tamanhos e tipos de estruturas sedimentares são formados em decorrência das condições hidrológicas do ambiente. As estruturas microscópicas nem sempre estão relacionadas ao ambiente de deposição, elas podem ser formadas por processos pedogenéticos posteriores.

Segundo Suguio (2003), são consideradas grandes as estruturas sedimentares vistas em campo (na seção estudada, por exemplo) e pequenas as visíveis em uma amostra. As estruturas menores, que requerem a utilização de instrumentos ópticos, são denominadas microestruturas.

Quanto ao modo presumível da sua gênese, é possível distinguir as estruturas sedimentares em:

**a) Estruturas sedimentares primárias (orgânicas e inorgânicas):** são formadas durante a deposição ou imediatamente após, porém antes da consolidação dos sedimentos em que são encontradas (ALLEN, 1984; REINECK E SINGH, 1980).

Incluem, portanto, vários tipos de marcas de superfície, formas de camadas e estratificação, estruturas produzidas pelas atividades de organismos (bioturbação) e estruturas de deformação penecontemporâneas, produzidas após a deposição, mas antes da consolidação do sedimento (REINECK & SINGH, 1980). Essa definição subdivide as estruturas sedimentares primárias em orgânicas e inorgânicas.

**b) Estruturas sedimentares secundárias:** surgem durante o curto intervalo entre a deposição de sedimentos e o começo de litificação (BOGGS JUNIOR, 1992, *apud* CAMARGO, 2005); resultam de processos geoquímicos, semelhantes aos da formação diagenética de nódulos e concreções (SUGUIO, 2003; SELLEY, 1988).

O **Quadro 2** apresenta classificação das estruturas sedimentares primárias de origem inorgânica, segundo sua morfologia e tempo de formação.

**Quadro 2:** Estruturas sedimentares primárias de origem inorgânica, baseada na morfologia e no período de sua formação, segundo a classificação de Selley (1988).

| Grupos  | Exemplos   | Origens                       |
|---|--|-------------------------------|
| <b>Pré-deposicionais<br/>(Interestratais)</b> | Canais<br>Escavação e preenchimento<br>Turboglifos<br>Marcas de sulcos<br>Marcas de objetos<br>Marcas onduladas  | Principalmente erosivas       |
| <b>Sindeposicionais<br/>(Intraestratais)</b>  | Maciça<br>Estratificação plana<br>Estratificação cruzada<br>Estratificação gradacional<br>Laminação plana<br>Laminação cruzada   | Principalmente deposicionais  |
| <b>Pós-deposicionais<br/>(deformacionais)</b> | Escorregamento e deslizamento<br>Estrutura de deformação plástica:<br>- Laminação convoluta<br>- Acamamento convoluto<br>- Camadas frontais recumbentes<br>- Estrutura de sobrecarga | Principalmente deformacionais |
| <b>Miscelâneas</b>                            | Marcas de pingos de chuva<br>Gretas de contração<br>Diques clásticos<br>Pseudonódulos<br>Boudinage   |                               |

Fonte: Modificado de Selley (1988).

As estruturas sedimentares primárias orgânicas, por sua vez, podem ser classificadas nas seguintes categorias, segundo Suguio (2003).

- a) Partes duras de esqueleto: concentrações de conchas e outras partes duras de esqueleto (dentes, escamas, mais comumente calcários ou quitinosos) ocorrem em depósitos de antigas praias, fundo de canais e depressões, constituindo os depósitos residuais.
- b) Estruturas de bioturbação: são feições produzidas pelas atividades, em vida, de animais (zooturbação) e plantas (fitoturbação).
- c) Matérias excretadas: coprólitos (excrementos) de invertebrados são comuns em sedimentos de depósitos modernos (planícies de maré e ambientes marinhos)
- d) Outras estruturas biogênicas: são feições bioconstruídas, cujo arcabouço é formado por organismos sedentários (Bióstroma – formados por bancos de ostras, corais, mexilhões etc.; Bioerma – recifes; e Estromatólitos – massa rochosa carbonática com forma dômica, colunar ou hemisférica, relativas à atividade das algas azuis).

Neste trabalho, as estruturas sedimentares serão analisadas macro e microscopicamente em lâminas delgadas e, posteriormente, relacionadas às amostras e à seção estudada.

Na análise macroscópica das unidades sedimentares encontradas na seção do Cerro do Touro, foi constatada a presença de várias estruturas sedimentares primárias inorgânicas, localizadas no perfil e nas amostras coletadas. Segundo a classificação de Selley (1988), as principais estruturas observadas no local de estudo são: **estrutura de canal, de escavação e preenchimento; marcas de sulcos, de objetos e onduladas; estrutura maciça; estratificação plana, cruzada e gradacional; laminação plana e cruzada; estrutura de escorregamento e deslizamento; laminação convoluta; estrutura de sobrecarga; gretas de contração; diques clásticos; pseudonódulos e boudinage**. Considerados relevantes para o presente estudo, alguns aspectos teóricos referentes a essas categorias serão apresentados a seguir.



### 6.2.1 Estruturas Sedimentares Primárias Pré-deposicionais

São feições que ocorrem nas superfícies entre camadas, formadas antes da deposição de camada sedimentar sobreposta de origem, principalmente, erosiva (SELLEY, 1988; SUGUIO, 2003).

**a) Canais:** Ao fluir sobre a superfície de sedimentos frágeis, a água pode, sob certas condições, formar um canal (REINECK & SINGH, 1980). São marcas de desbaste em forma de longa calha, cujo eixo longitudinal corre paralelo à direção de fluxo (NOWATZKI et al., 1984). Podem adquirir magnitudes variáveis (de centímetros a vários metros), são encontradas em ambientes diversificados com atuação de correntes aquosas (SUGUIO, 2003) ou devido a deslizamento de material denso.

**b) Estrutura de escavação e preenchimento:** é a estrutura resultante da remoção parcial de uma camada mais antiga por erosão e consecutivo preenchimento do espaço formado por uma camada mais nova (SUGUIO, 1998). São feições erosivas com dimensões de decímetros a alguns metros. Lembram pequenas concavidades assimétricas, geralmente produzidas em fundo de canal (NOWATZKI et al., 1984), sempre formadas em condições subaquáticas, estando seu maior eixo disposto paralelamente à direção da paleocorrente (SUGUIO, 2003). São diferenciadas de canais pelo eixo longitudinal muitas vezes não apresentar dimensão maior do que a largura (NOWATZKI et al., 1984).

**c) Marcas de sulcos:** são feições sedimentares de natureza erosiva, comumente originadas por objetos como seixos, conchas, galhos e troncos (SUGUIO, 2003), transportados por correntes aquosas, que podem sulcar a superfície de sedimentos pelíticos ou arenosos (SUGUIO, 1998). São feições longas e retilíneas, que variam sua dimensão de microscópica a alguns centímetros (NOWATZKI et al., 1984).

**d) Marcas onduladas:** são superfícies onduladas produzidas em material incoerente pela ação do vento, correntes de água ou por agitação de água em forma de onda (SUGUIO, 1973). São relativamente regulares, compostas de cristas alternadas e paralelas entre si, transversais à corrente, formada e mantida na interface entre um fluido de movimento (água, vento e outros) e um sedimento coesivo (em geral areia) pela interação entre fluido e o sedimento transportado

(ALLEN, 1984). Diferentes padrões e estado de regime de fluxo podem dar origem a marcas onduladas de diversos tamanhos e geometria (SUGUIO, 1998). Há marcas onduladas originadas pela sedimentação, são as chamadas “formas de leito”. São as condições do fluxo que promovem a deposição, em geral de caráter turbulento.

### 6.2.2 Estruturas Sedimentares Primárias Sindeposicionais

São as estruturas formadas ao tempo da sedimentação; sua característica mais comum é a estratificação (PETTIJOHN, 1963).

**Camada ou estratificação** é a estrutura originada pela acumulação progressiva de qualquer material (partículas clásticas, precipitação química ou decantação de colóides, cristais em suspensão no magma etc.), tendendo a formar estratos definidos por descontinuidades físicas e/ou por passagens bruscas ou transicionais de mudanças de textura, estrutura ou aspectos químicos (ALLEN, 1984). É o termo usado para descrever seqüências sedimentares que evidenciam o arranjo de camadas ou estratos superpostos (NOWATZKI et al., 1984). Quando duas ou mais camadas, com natureza semelhante ou não, mas geneticamente relacionadas, estão superpostas, tem-se uma seqüência de camadas (REINECK E SINGH, 1980). Suas formas geométricas características são: camadas, lâminas, lentes ou cunhas. Diferenciações essas originadas por variações das condições geológicas, físicas, químicas e/ou biológicas durante a deposição do sedimento (UNB, 2007).

**Camada** é a menor unidade de classificação litoestratigráfica, sendo reconhecida por nítidas superfícies de separação que permitem diferenciá-las das camadas superpostas ou sotopostas (SUGUIO, 1998). Elas podem ter diversas dimensões, sendo visualmente reconhecidas e separadas de outras unidades por discreta mudança na litologia, fortes mudanças físicas na litologia ou ambas (PETTIJOHN, 1963). São produzidas durante períodos não-deposicionais ou de mudanças abruptas nas condições deposicionais (Campbell, 1967). As **laminações** são as menores unidades de estratificação (PETTIJOHN, 1963). São alternâncias relativamente nítidas de materiais sedimentares que formam estratificações

diferenciadas entre si pela granulometria e/ou composição mineralógica (SUGUIO, 1998). Em alguns casos, são unidades finíssimas e, em outros, testemunhos de fases transitórias ou pequenas flutuações casuais na velocidade da corrente de deposição (PETTIJOHN, 1963). Em geral, apresentam pequena extensão e são formadas em curto tempo se comparada aos estratos (Campbell, 1967). A diferença entre camada e laminação é apenas dimensional e são distinguidas por sua espessura .

Suguio (1973 e 2003) propõe cinco fatores que podem determinar a ocorrência de estratificação.

- 1) Mudança de granulação de sedimento:** relacionada às flutuações nas velocidades das correntes (aquosas ou eólicas) ou às características da área fonte de suprimento de sedimentos, pode ser sutil ao ponto de ser reconhecida apenas em microscópio.
- 2) Mudança de composição mineralógica:** causa mais óbvia da existência de estratificação e igualmente relacionada a variações na velocidade das correntes ou nas propriedades das fontes de suprimento.
- 3) Mudança na morfometria dos grãos:** está associada ao grau de arredondamento ou esfericidade e pode, eventualmente, originar estratificação.
- 4) Orientação das partículas depositadas:** pode ocorrer em folhelhos, cuja estratificação é ressaltada pela orientação dos argilominerais, os quais, na maioria das vezes, apresentam formas placóides e imbricações.
- 5) Intercalações de lâminas argilosas:** podem ocorrer por intercalação de filmes argilosos que se acumulam em períodos de ausência de corrente e quando predomina a decantação.

Ocorrem os seguintes tipos de estratificação no local de estudo.

- a) Maciça:** os estratos apresentam pouca ou nenhuma laminação interna visível. Esse tipo de estratificação pode ser presumido pela ausência de material transportado por tração ou pela deposição muito rápida de material de suspensão (CAMARGO, 2005). Pode ser devido à deposição muito rápida,

principalmente, por dispersões sedimentares muito concentradas, através de movimentos gravitacionais ou de massa (SUGUIO, 2003), ou, ainda, como resultado de intensa bioturbação, destruindo as estratificações (SUGUIO, 1998). Segundo Reineck e Singh (1980), o termo estratificação maciça é usado para descrever sedimentos mais ou menos homogêneos ao olhar. No entanto, segundo os autores, muitas dessas estratificações mostram laminações internas quando expostas a técnicas especiais (por exemplo, raios X).

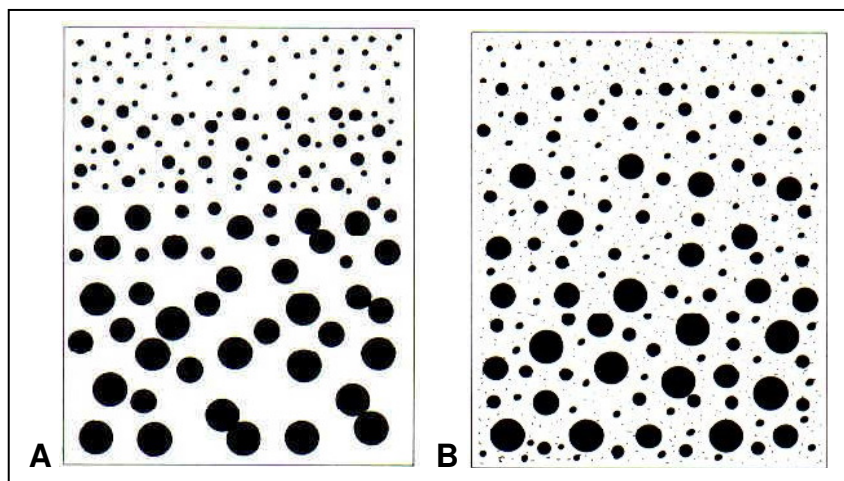
- b) Estratificação plana:** são seqüências de camadas ou laminações superpostas, paralelas ao plano de estratificação; é a mais simples das estruturas intra-estratais físicas (SUGUIO, 1973). Suas camadas são uniformes e lateralmente contínuas, sendo sua gênese relacionada à deposição em regime de fluxo superior ou inferior devido ao assentamento de sedimentos finos que decantam sobre uma superfície plana. (NOWATZKI et al., 1984).
- c) Estratificação cruzada:** constitui a estrutura sedimentar mais comum e está entre as feições mais importantes na reconstrução de paleocorrentes deposicionais (SUGUIO, 1998). Pode ser definida como seqüência de camadas inclinadas em relação às superfícies limitantes. São separadas das camadas adjacentes por superfícies de erosão, ausência de deposição ou mudança abrupta nas propriedades dos sedimentos (SUGUIO, 2003). É de várias origens, mas, em geral, resulta do transporte de sedimentos arenosos de carga de fundo ou da migração de marcas pequenas e grandes de ondulações ou de preenchimento de canais. É uma estrutura útil para determinar a direção do fluxo e identificar o topo e a base dos estratos (CONYBEARE e CROOK, 1982).
- d) Estratificação gradacional:** nesses estratos, as unidades sedimentares são caracterizadas por gradação no tamanho do grão, de grosso a fino, e da base ao topo da unidade (PETTIJOHN, 1963). A estratificação gradacional apresenta-se, muitas vezes, rítmica, indicando ciclos que retratam sazonalidade, ou retomadas do processo de transporte e deposição em que a corrente fica mais forte ou mais fraca com o tempo. Isso também pode ocorrer em depósitos vulcanoclásticos devido à queda de fragmentos vulcânicos grosseiros antes dos mais finos (UNB, 2007). Frequentemente, a estratificação gradacional é interrompida por outro tipo de camada, como areias interlaminais (REINECK E SINGH, 1980). A origem

da estratificação gradacional está ligada a diversos agentes, tais como: sedimentos depositados por correntes de turbidez, sedimentação de nuvens de suspensão, deposição nas últimas fases de grandes cheias, assentamento de clastos vulcânicos após erupção e atuação de fluxos de grãos (NOWATZKI et al., 1984). Os tipos possíveis de estrutura gradacional, são a seguir.

- **Gradação Normal:** Ocorre quando a porcentagem de finos aumenta para o topo da unidade sedimentar. Pettijohn (1963) subdivide em dois tipos:

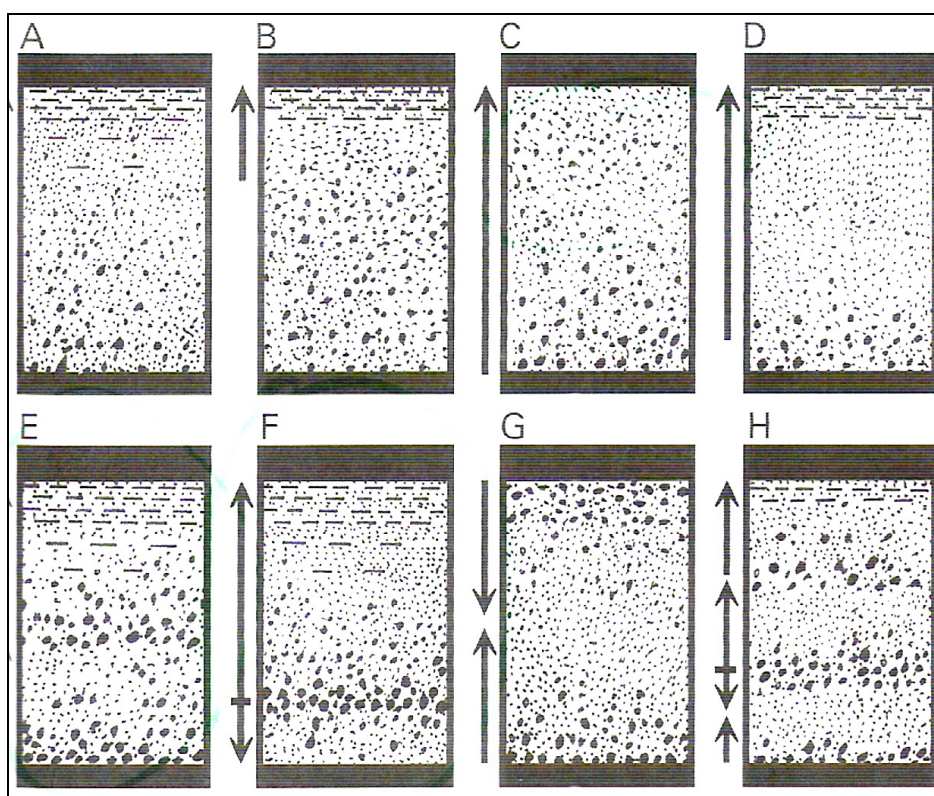
- Gradação de distribuição: há distribuição do tamanho da granulação da base para o topo, como resultado de acréscimos sucessivos de materiais cada vez mais finos, não havendo grãos finos na base da camada (**Figura 9 A**). Esse tipo de gradação resulta de correntes de fluxo decrescente normal (típica fluvial) com redução da competência ao longo do tempo, o que produziria a decantação de partículas mais grossas em primeiro lugar, seguida por grãos cada vez mais finos (PETTIJOHN, 1963). É produto de sedimentação por correntes que diminuem sua capacidade e competência gradualmente, conforme decresce a velocidade (SUGUIO, 2003).
- Gradação de cauda grossa: ocorrem também acréscimos sucessivos de materiais cada vez mais finos, porém com redução da frequência dos grãos maiores da parte inferior da camada para o topo. Nesse caso, os finos estão distribuídos em todo o sedimento (**Figura 9 B**). É produto de sedimentação em suspensão, na qual estão presentes todos os tamanhos de partículas (PETTIJOHN, 1963).

- **Gradação Inversa:** Segundo Nichols (2000) ela ocorre quando as partículas mais finas situam-se na base e as mais grossas no topo. A gradação inversa é feição típica de fluxo gravitacional de alta densidade, como os depósitos de fluxo granular e os de detrito (SUGUIO, 1998).



**Figura 9:** Tipos de gradação segundo Pettijohn (1963). Em A, gradação de distribuição e em B, gradação de cauda grossa.

No entanto, Suguio (2003) apresenta diferentes formas de estratificações gradacionais (**Figura 10**).



**Figura 10:** Variação dos tipos de gradação: A) gradação normal com boa separação; B) gradação normal pouco evidente, com separação pobre; C) gradação normal descontínua (interrompida), com mistura de frações finas; D) gradação normal descontínua com parte de granulação média; E) gradação múltipla ou recorrente; F) gradação simétrica normal (parte inferior com gradação inversa); G) gradação simétrica invertida e H) gradação múltipla com unidade simétrica normal na base.

### 6.2.3 Estruturas Sedimentares Primárias Pós-deposicionais

São estruturas sedimentares originadas por deformação ou rompimento de feições deposicionais precedentes (SUGUIO, 2003). Estruturas sedimentares penecontemporânea, formadas durante e após a deposição dos materiais, mas antes da consolidação dos sedimentos. Elas são deformadas, contorcidas ou perturbadas por agentes inorgânicos.

**a) Estrutura de escorregamento e deslizamento:** é a denominação genérica para todas as deformações penecontemporâneas resultantes do deslocamento de camadas já depositadas, por ação, principalmente, da gravidade; em geral em ambiente aquoso (REINECK E SINGH, 1980). É o termo genérico para qualquer tipo de estrutura sedimentar produzida por escorregamento subaquático de sedimentos mais ou menos consolidados, porém ainda em estado hidroplástico, exibindo dobras, falhas etc. (SUGUIO, 1998). São muitas vezes associadas à sedimentação rápida (REINECK E SINGH, 1980), sendo distinguidas das estruturas convolutas por serem descontínuas (NOWATZKI et al., 1984).

**b) Estrutura de deformação plástica:** são estruturas deformadas ou distorcidas por processos inorgânicos (NOWATZKI et al., 1984). São aquelas que resultam da deformação de sedimentos coesos ou de variações reológicas devido às forças diferentes daquelas influenciadas diretamente por correntes e organismos (CONYBEARE e CROOK, 1982). É a deformação de materiais ainda plásticos, envolvendo movimentos verticais e horizontais; normalmente ocorre em sedimentos arenosos fluidificados e nas interfaces deposicionais (SUGUIO, 2003). É um termo geral que se aplica a vários tipos de deformações penecontemporâneas nos sedimentos, por exemplo:

- **Laminação convoluta:** são estruturas de deformação penecontemporâneas intraestratais que mostram dobramentos em lâminas, as quais, anteriormente, eram unidades sedimentares bem definidas (NOWATZKI et al., 1984). É a deformação que ocorre geralmente em areias finas e siltes laminados com leitos argilosos (SUGUIO, 1973), caracterizada por “forte amarrotamento”, causando dobras dentro de uma unidade sedimentar bem definida (REINECK & SINGH, 1980). Comuns em sedimentos lacustres periglaciais, tais estruturas são

originadas provavelmente por escape de água em depósitos de lençóis eólicos (SUGUIO, 2003). É possível que exista laminação convoluta de várias origens, em vários ambientes (SUGUIO, 1998).

- **Estrutura de sobrecarga:** segundo Reineck & Singh (1980), são estruturas pós-deposicionais formadas em sedimentos inconsolidados, resultante do escape de água em poros, conduzindo à consolidação do sedimento. O escape da água reorganiza os grãos, deformando a laminação existente ou gerando novas estruturas. O fenômeno é produzido pelas diferenças de propriedades mecânicas entre areia e argila durante a compactação (SUGUIO, 1998). São saliências nodulares ou irregulares formadas na base de uma camada arenosa e depositadas sobre argila hidroplástica, constituindo estrutura de marca basal ou marca de sola (IDEM). Distinguem-se dos turboglifos pela sua grande irregularidade e, normalmente, não indicam a direção da corrente (NOWATZKI et al., 1984).

#### 6.2.4 Miscelâneas

São estruturas inorgânicas de caráter pós-deposicional de meso-escala. São consideradas em geral como evidência de exposição subaérea de sedimentos ou solo (SUGUIO, 2003). Nelas estão incluídas as marcas de pingo de chuva, pseudonódulos, gretas de dessecação, boudinages e diques clásticos (SELLEY, 1988).

**a) Gretas de contração:** são fendas geradas por dessecação, compactação ou mudança mineralógica de sedimentos pelíticos, formando típicos padrões poligonais (NOWATZKI et al., 1984). São rachaduras formadas por contração, como resultado da ressecação de camadas argilosas por efeito do calor solar (SUGUIO, 1998). Além disso, são consideradas como evidência de exposição subaérea e também como feições que ajudam a definir o topo e a base de camadas invertidas por deformação (dobras tectônicas, por exemplo) (SUGUIO, 2003).

**b) Diques clásticos:** são corpos de natureza sedimentar detrítica que preenchem fraturas de rocha ou camadas de natureza diferente (SUGUIO, 1998). Estão



inseridos, geralmente, em camadas argilosas, apresentando formas mais ou menos tabulares e discordantes. Segundo NOWATZKI et al., (1984), tais estruturas são originadas por injeções de materiais fluidizados no interior de rochas ou por queda dos sedimentos em fissuras de outros litossomas, onde se consolidam. Quando a injeção sedimentar ocorre após a compactação, a estrutura apresenta paredes retas; ocorrendo antes, ela pode mostrar contorções devido a compactação.

**c) *Pseudonódulos:*** são estruturas constituídas de massas arenosas que podem estar parcial ou totalmente isoladas dentro de uma matriz pelítica. Apresentam formatos esferóides, oblatos, elipsoidais, de rins ou de grandes cogumelos invertidos. Originam-se, provavelmente, devido a movimentos verticais bruscos ou catastróficos de sedimentos mais densos (comumente areias), assentados sobre sedimentos menos densos (geralmente pelitos) (NOWATZKI et al., 1984).

**d) *Boudinage:*** originadas pelo efeito das forças de tração atuando sobre o material plástico coesivo, as *boudinages* são estruturas formadas pelo adelgaçamento em determinadas camadas, o qual é espaçado a intervalos regulares e, algumas vezes, pode dar origem a blocos rompidos por tração (NOWATZKI et al., 1984). São geradas por tensões que atingem a intensidade suficiente para produzir profundas deformações (SUGUIO, 1973).

## **7. APLICAÇÃO DA MICROMORFOLOGIA DE SOLOS AO ESTUDO DE ESTRUTURAS SEDIMENTARES**

Como mencionado no capítulo anterior, as estruturas sedimentares podem ser analisadas em diferentes escalas de observação. Em certas estruturas, é difícil identificar determinados elementos a olho nu, tanto em solos e sedimentos atuais como em depósitos quaternários (BERTRAN & TEXIER, 1999). Por isso, neste trabalho, foi utilizada associação entre a análise textural e micromorfológica como recurso para analisar, descrever e interpretar eventos sedimentares.

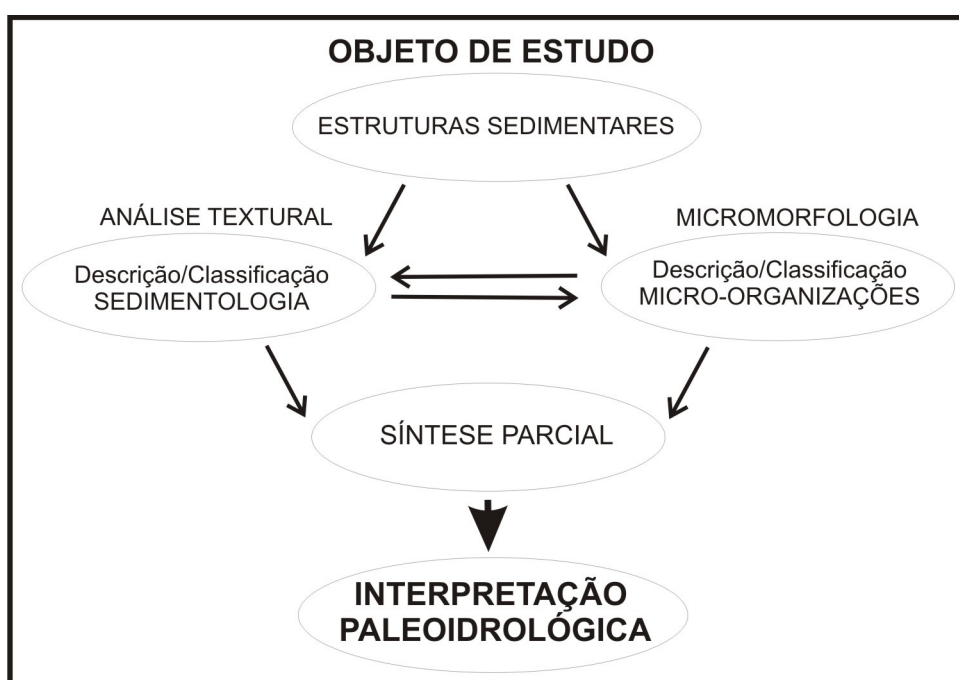
A micromorfologia de solos é uma das técnicas mais importantes para se desvendar a história evolutiva de um solo (BULLOCK et al., 1985). Trata-se da análise microscópica de materiais pedológicos ou de formações superficiais, destinada a compreender as microrganizações pedológicas, trabalhando com tamanhos que vão do milímetro à micra (CASTRO, 2002). Essa técnica consiste em observar os constituintes sólidos dos materiais quanto a sua natureza e arranjos espaciais. Serve para estudar as organizações microscópicas, contemplando o estudo detalhado e contribuindo para formular hipóteses sobre processos pedológicos, sedimentológicos etc. (CASTRO, 1989). Bullock et al. (1985) enfatizam que a combinação de descrições macro e micromorfológicas permite relacionar feições observadas em lâminas delgadas com aquelas observadas no perfil do solo. Técnica essa que possibilita determinar as mútuas relações no tempo e no espaço e também interpretar as condições de formação desses materiais (AGUILAR et al., 2003).

No que toca à aplicação da micromorfologia de solos para o estudo de sedimentos, desde 1999, o grupo de pesquisa “Estratigrafia do Quaternário e Processos Geomorfológicos” (CNPq) tem explorado o seu potencial para caracterizar processos deposicionais e pós-deposicionais atuais e quaternários (OLIVEIRA et al., 2001; FERREIRA, 2004; SANT’ANA, 2005; OLIVEIRA et al., 2005; CAMARGO, 2005; CAMARGO FILHO, 2005). A incorporação da análise micromorfológica ao objeto de estudo é bastante útil, pois revela relações texturais

que não seriam ressaltadas sem a contribuição de seu vocabulário e de seus conceitos (FERREIRA & OLIVEIRA, 2006).

Embora a micromorfologia de solos seja usada principalmente para pesquisas de caráter pedológico, essa pesquisa focará na caracterização de processos sedimentológicos dos materiais observados. A abordagem metodológica associará a descrição e a interpretação de aspectos sedimentológicos (análise textural) com a descrição e a interpretação de feições micromorfológicas, usando a micromorfologia de solos, sua terminologia e interpretações. A análise das feições micromorfológicas será efetuada através da observação das principais microrganizações presentes em amostras dos depósitos estudados, considerando as classificações de Castro, (1989); Bullock et al. (1985) e Brewer (1964) e associando as características sedimentológicas.

A integração dessas duas abordagens metodológicas é demonstrada no fluxograma da **Figura 11**.



**Figura 11: Síntese da abordagem metodológica de associação de aspectos sedimentológicos e micromorfológicos.** Fonte: Modificado de Oliveira, 2006.

A figura apresentada resume a proposta deste trabalho: analisar estruturas sedimentares por meio da análise textural e da micromorfologia de solos para

caracterização de processos deposicionais que favoreçam a interpretação paleoidrológica em materiais colúvio-aluviais em área de cabeceira de vale.

Convém salientar que a aplicação da micromorfologia ao tema de estudo envolve a observação de feições que se manifestam em diferentes escalas de observação, por isso é importante estabelecer as relações entre as escalas de campo e a microscópica. A partir desse relacionamento, os resultados obtidos poderão fornecer chaves de interpretação para o ambiente de sedimentação (FERREIRA, 2004). A combinação de dados de campo e o estudo micromorfológico dos constituintes do solo podem fornecer informações complementares, como: abundância, tamanho, contraste e agudeza, forma, composição, fábrica interna e origem dos materiais (BULLOCK et al., 1985). As chances de êxito crescem na razão direta da definição e da preservação do registro sedimentar.

## **7.1 APLICAÇÃO DA MICROMORFOLOGIA DE SOLOS PARA DETERMINAÇÃO DE PROCESSOS DE ENCOSTAS**

Praticamente todos os tipos de sedimentos encontrados nas encostas podem ser estudados em seções delgadas (BERTRAN & TEXIER, 1999). As unidades sedimentares microscópicas e os horizontes do solo são compostos por um conjunto de agregados que, quando cortados e colados a lâminas, permitem identificar o arranjo dos constituintes, tais como as frações areia e silte (esqueleto), a fração argila (plasma) e os poros associados, os quais constituem o fundo matricial (CASTRO, 2002). É possível identificar claramente, em lâmina delgada, feições sedimentares como: laminações variando no tamanho da partícula, distribuição, relação finos/grossos (c/f) ou desenvolvimento de anisotropia em sedimentos predominantemente argilosos (FITZPATRICK, 1984).

Trabalhos recentes têm focado em processos de erosão, transporte e sedimentação através da análise micromorfológica em depósitos de encosta (BERTRAN & TEXIER, 1999; MUGGLER & BUURMAN, 2000; SANTOS &

VARAJÃO, 2004). A micromorfologia representa importante papel nos estudos geomorfológicos, mormente naqueles que trabalham com processos erosivos e deposicionais. A análise detalhada das características macro e micromorfológicas desses depósitos identifica os processos da dinâmica da encosta. No entanto, alguns autores reconhecem limitações do uso da micromorfologia como ferramenta para interpretar mecanismos de transporte sobre encostas, enfatizando a necessidade de maior investigação (BERTRAN & TEXIER, 1999).

Algumas características foram identificadas com a utilização da micromorfologia de solos (IDEM), por exemplo, as laminações e a seleção dos materiais, quando bem preservadas, são excelentes evidências da presença de fluxos superficiais concentrados ou não sobre encostas. Microfeições oriundas de deformações, como dobramentos, cutãs e caudas de rotação de clastos são associadas a estágios de deformação dos sedimentos ocorridos anteriormente. Tanto movimentos de massa quanto fluxos de detritos podem ser caracterizados por feições micromorfológicas similares, geralmente constituídos de material porfírico<sup>3</sup>, pobremente selecionados. Elevado grau de porosidade pode ser relacionado tanto à liquefação (fluxo de detritos) quanto a movimento de massa (solifluxão). Entretanto, esses critérios são de pouca utilidade para determinados depósitos, que podem mudar rapidamente após a deposição (umedecimento/ressecamento, bioturbação etc.) (BERTRAN & TEXIER, 1999).

A micromorfologia também permite estudar vários tipos de estratificação e sedimentação, como se vê em Brewer (1972) e Fitzpatrick (1984). Para esses autores, o emprego de lâminas delgadas é essencial não apenas para explicar processos e mecanismos pretéritos, mas também para compreender processos geomorfológicos que atuam no presente.

Trabalhos realizados pelo grupo de pesquisa, incluindo a seção estudada, indicam que alguns parâmetros micromorfológicos e sedimentológicos se destacam, como: a) classificação textural; b) grau de seleção; c) padrão de distribuição relativa; d) fábrica; e) porosidade; f) descrição sobre plasma, poros e cutãs. Tais parâmetros podem ser utilizados em conjunto com análises macroscópicas para interpretar

---

<sup>3</sup> Porfírico - Tipo de distribuição relativa em que as partículas maiores (como a areia) distribuem-se numa matriz de partículas muito finas (a argila, por exemplo). Castro, 1989.

processos deposicionais em ambientes de transição entre encostas e vales (OLIVEIRA et al., 2001; OLIVEIRA & FERREIRA, 2004; FERREIRA, 2004; SANT'ANA et al., 2005; FERREIRA & OLIVEIRA, 2006). Esses trabalhos têm apresentado resultados promissores quanto à associação entre estruturas sedimentares e parâmetros micromorfológicos e microscópicos de formações superficiais para interpretar processos deposicionais em áreas de cabeceira de vale. Em função disso, pretende-se utilizar, neste projeto, a associação metodológica entre a análise textural e a micromorfologia de solos para analisar estruturas sedimentares em ambiente de cabeceira de vale.

## **7.2 CONSTITUINTES DOS SOLOS E SEDIMENTOS: ASPECTOS MICROMORFOLÓGICOS**

Serão apresentados, em seguida, os conceitos considerados como fundamentais para o estudo da micromorfologia de solos. Existem diversos conceitos importantes para análise e descrição de aspectos micromorfológicos, porém, segundo Fitzpatrick (1984), os conceitos de estruturado solo e fábrica são fundamentais.

- I. ESTRUTURA DO SOLO:** é a constituição física de um material pedológico expressa pelo tamanho, pela forma e pelo arranjo das partículas sólidas e poros, formando agregados ou não (BULLOCK et al., 1985). O termo “microestrutura do material de solos” é usado para todos os aspectos da estrutura visível quando o material pedológico é examinado sob aumento óptico acima de 5X (CASTRO, 2002). Brewer (1964) propõe vários tipos de estruturas do solo, por exemplo: estrutura alveolar; de blocos angulares; de pontes (*bridge*); de canal; colunar; granular; laminar; massiva; blocos subangulares; etc.
- II. FÁBRICA (OU TRAMA):** é a organização total do solo, definida pelo arranjo espacial de seus constituintes (sólidos líquidos e gasosos), ou seja, sua forma,

dimensão e frequência, considerando sua configuração, funcionalidade e gênese (BULLOCK et al., 1985 e CASTRO, 2002).

O termo “componente ou constituinte básico” é utilizado para descrever partículas individuais em uma sessão delgada, as quais podem ser reconhecidas com microscópio óptico juntamente com material fino, que é irreconhecível como indivíduo separado (BULLOCK, 1985). Os constituintes básicos do material do solo, que constituem o fundo matricial são descritos na seqüência.

**1) PLASMA:** é composto de partículas menores que 2  $\mu\text{m}$  (fração argila), constituídas por minerais argilosos, matéria orgânica, sais, óxidos, hidróxidos, entre outros. Essas partículas não podem ser identificadas individualmente através de microscópios óticos. Sua identificação ocorre através de adição de colorantes, difração de raios X, observação com microscópio eletrônico de varredura, de transmissão etc. (CASTRO, 1989). O arranjo do plasma, que inclui a sua distribuição e, principalmente, a orientação de argila, constitui as estruturas plásmicas (CASTRO, 2002).

No estudo do plasma, as propriedades ópticas que interessam são as que se relacionam a passagem da luz através dos conjuntos de cristais de argila. Tais materiais quando colocados sob nicóis cruzados, podem apresentar extinções em diferentes padrões (anisotrópico, isotrópico e opaco) e distintos tipos de extinções (manchada, estriada e contínua). Cada padrão de cristalinidade e de extinção pode ser correlacionado a determinadas estruturas plásmicas. A variação na orientação depende também do grau de dessecação sofrido pelo plasma. Geralmente, quanto mais dessecadas forem as argilas, mais retração sofrem e, quanto mais hidratadas, mais se expandem (CASTRO, 2002).

As propriedades ópticas se relacionam à passagem da luz através dos conjuntos de cristais de argila, relativamente translúcidos, que, sob nicóis cruzados, vão determinar a extinção da luz segundo diferentes padrões (anisotrópico, isotrópico e opaco) (CASTRO, 2002). Segundo Brewer (1964), esse tipo de análise permite distinguir a organização dos constituintes do plasma quando apresentam fábricas assépicas, sépicas e isotópicas.

- **Fábrica plásmica assépica:** não apresenta separação plásmica, e o padrão de extinção é pontuado com diferentes padrões de cores de interferência (opticamente anisotrópicos) e domínios não-orientados. Segundo Brewer (1964), essa fábrica pode ser subdividida em dois grupos: I) argilassépica, na qual o plasma consiste predominantemente de minerais de argila anisotrópico e exibe padrão de orientação manchada com domínios não orientados entre si; II) silassépica, que apresenta grande variação de tamanhos de partículas com proporção relativamente alta de grãos de silte, dificultando a identificação de domínios, os quais apresentam-se cintilantes. Domínios sem orientação são formados por processos de sedimentação, orientação dos grãos do plasma dentro do material do solo úmido, herança ou intemperismo dos minerais primários *in situ* (BREWER, 1964).

- **Fábrica plásmica sépica:** é reconhecida por domínios anisotrópicos com vários padrões de orientação preferencial (separação plásmica) e padrão de extinção estriado. Segundo Brewer (1964), essa pode ser considerada como a mais importante das fábricas plásmicas em função de sua variedade. Nela estão incluídas as seguintes fábricas plásmicas, segundo Castro (2002:80): a) insépica: separações plásmicas isoladas em “ilhas”; b) mossépica: separações plásmicas em “ilhas” numerosas e agrupadas (“arquipélagos”); c) vossépica: separações plásmicas paralelas a paredes de poros; d) esquelssépica: separações plásmicas paralelas a superfícies de grãos; e) massépica: separações plásmicas associadas a zonas do fundo matricial, subparalelas ou não-orientadas umas em relação às outras; f) omnissépica: separações plásmicas com estrias complexas e emaranhadas, dispostas em várias direções.

Os casos de máxima anisotropia ou isotropia podem ser: a) crística: o plasma é anisotrópico e formado por cristais muito pequenos, mas individualmente discerníveis ao microscópio; e b) undúlica: o plasma é praticamente isotrópico sob baixos aumentos, mas levemente anisotrópico com extinção ondulante sob grandes aumentos e luz intensa, ainda que os domínios não sejam reconhecíveis mesmo nessas condições.

- **Plasma isótico:** mesmo sob grandes aumentos e luz intensa, o material apresenta-se totalmente isótropo. A isotropia pode ser verdadeira ou por opacidade conferida por matéria orgânica, óxidos de ferro ou manganês.



A orientação preferencial dos argilo-minerais nas estruturas plásmicas, segundo Brewer (1964), parece estar associada ao aumento e redução da pressão devido à sobrecarga da pressão e tensão produzida pelo umedecimento e ressecamento do solo. A variação da orientação depende do grau de dessecação sofrido pelo plasma, em geral, quanto mais desseçadas as argilas, mais retração sofrem e, quanto mais hidratadas, mais se expandem (CASTRO, 2002). O padrão de orientação forte e contínuo freqüentemente está associado a feições cutânicas de iluviação, não corresponde a separações plásmicas, mas a concentrações plásmicas por acumulação absoluta, referindo-se, portanto, a feições pedológicas (IDEM).

Através da análise do plasma é possível relacionar determinadas estruturas plásmicas a processos de alteração e pedogênese sofridos. Os padrões ópticos de orientação e extinção são correlacionados aos tipos de estruturas plásmicas, refletindo assim, tipos genéticos de plasma (**Quadro 3**)

**Quadro 3:** Tipos de origem do plasma (CASTRO, 2002)

| Orientação / extinção | Estrutura plásmica  | Processo   | Horizonte típico   | Tipo genético |
|-----------------------|---------------------|--|--------------------|---------------|
| Manchada              | Assépica            | Neoformação e transformação dos minerais primários em argila, não associadas aos hidróxidos de Fe e Mn.  | C<br>(alterita)    | Alteroplasma  |
| Estriada              | Sépica              | Contrações mecânicas internas por regime hídrico cíclico, crescimento cristalino ou atividade biológica.<br>Contrações mecânicas externas por compactação. | B<br>(pedoturbado) | Pedoplasma    |
| Forte e contínua      | Depósitos cutânicos | Depósitos e contrações por dessecação.   | Bt<br>(argílico)   | Cutaniplasma  |
| Mascarada ou nula     | Isótica             | Concentrações plásmicas associadas aos hidróxidos de Fe e Mn.  | B<br>(nodular)     | Glebuliplasma |

**2) POROS:** constituem a porção do solo ocupada por soluções e ar. Esses “vazios” ou aberturas desprovidas de materiais sólidos têm diferentes funções: são capazes de reter líquidos (soluções) e permitir sua percolação, bem como a passagem de ar (gases), de animais, raízes e outros (CASTRO, 1989). Podem ter diversas origens, diferentes formas e dimensões e possuir diferentes

“gerações” (CASTRO, 2002). A quantidade de poros está relacionada diretamente ao empilhamento, e esses só podem ser modificados ou eliminados por compactação ou por deformação tectônica (BREWER, 1964). Em relação a sua gênese, eles podem ser divididos em três grupos: os que resultam de empacotamento (*packing*) individuais aleatórios; os que são muito maiores dos que os resultantes de sistema de empacotamento simples; e os que resultam de algum processo adicional superimposto ao empacotamento simples (IDEM). Eles podem ser classificados e descritos de acordo com nível hierárquico de agregação em: interagregados (entre agregados), intra-agregados (dentro dos agregados) e transagregados (através/ além).

**3) ESQUELETO:** Constituem partículas individuais de fragmentos de rochas, minerais ou vegetais de tamanho superior ao coloidal (CURI et al., 1975). É formado por partículas maiores que 2  $\mu\text{m}$ , compreendendo as frações granulométricas acima do tamanho silte (CASTRO, 1989). É constituído geralmente de minerais primários (quartzo, feldspatos, micas etc.), embora em alguns casos feições pedológicas possam apresentar-se em abundância e se comportar como esqueleto ((nódulos, litorrelíquias, pedorrelíquias, sedirrelíquias, etc.). Esse é o caso das amostras analisadas na seção da mina de extração de argila do Cerro do Touro.

Esses constituintes básicos podem formar três organizações de materiais de solo mais complexas: a) fundo matricial; b) agregados (*peds*) e c) feições pedológicas. Na seqüência, serão descritas essas unidades de organização.

#### **A) FUNDO MATRICIAL**

Também denominada substância ligante, não possui nem forma nem orientação definida (CASTRO, 1989). É o termo geral que é usado para material fino e grosso, os quais formam o material de base do solo (BULLOCK et al., 1985). Brewer (1964) define o termo “*Matrix-S*” para materiais (plasma, grãos do esqueleto e vazios associados) no interior de agregados primários ou compondo material de solo apédico, onde não ocorra feição pedológica exceto separações plásmicas. Ela pode ser ausente em alguns materiais do solo, como aqueles consistentes

inteiramente de feições pedológicas. Na sua caracterização estrutural, é importante reconhecer as estruturas plásmicas. Sua descrição está baseada na interpretação das propriedades ópticas dos componentes, em especial de sua extinção.

#### **B) AGREGADOS (PEDS)**

Segundo Castro (1999), os solos podem ser pédicos (com agregados) ou apédicos (sem agregados). Os solos agregados apresentam unidades reconhecíveis pelo aglomerado de partículas, separadas das unidades vizinhas por superfícies de menor resistência (poros, cutãs, entre outros). O material de solo agregado é descrito juntamente com os poros localizados entre e/ou dentro dos agregados. Em solos não-agregados, a microestrutura é descrita pelo padrão de poros presente (BULLOCK et al., 1985).

A agregação do material pedológico apresenta formas geométricas que podem encontrar-se em diferentes graus de desenvolvimento e servem à identificação da estrutura em campo ou macroestrutura (CAMARGO FILHO, 2005). Quando se identifica esse grau de desenvolvimento para a microestrutura a partir das lâminas, fala-se em pedalidade, a qual é a constituição física de um material pedológico, expressa pelo tamanho, pela forma e pelo arranjo dos agregados elementares (BREWER, 1964), podendo ser avaliada segundo seus graus de desenvolvimento e acomodação. O grau de desenvolvimento indica o estágio de formação do agregado com base na extensão dos poros planares em seu contorno, e o de acomodação refere-se à maneira como as paredes dos agregados se ajustam umas às outras (CAMARGO FILHO, 2005).

#### **C) FEIÇÕES PEDOLÓGICAS**

As feições pedológicas são unidades reconhecíveis no solo e distinguidas do material vizinho por diferenças na concentração de uma fração do plasma ou na fábrica (arranjo dos constituintes), ou ainda corpos estranhos de origem sedimentar ou biológica (CASTRO, 1985 e CASTRO, 2002). Segundo Castro (2002), essas feições podem ocorrer no interior dos agregados (intragregados), entre os agregados (interagregados) e transversalmente ao material do solo, sem possuir

nenhuma relação com os agregados (transagregados), sendo necessário reconhecer inicialmente em que nível hierárquico da estrutura se está trabalhando.

De acordo com Brewer (1964), as feições pedológicas podem ser resultantes de processos pedogenéticos ocorridos *in situ* (autigênicas) ou da incorporação de feições reliquias (alogênicas) provenientes da rocha matriz, de solo pré-existente ou de sedimentos. Baseado em sua origem, Brewer (1964) divide as feições pedogenéticas em dois tipos. Note-se abaixo.

- **Feições orto:** são aquelas formadas *in situ* por processos pedológicos. Elas podem ser classificadas como:

- Concentrações plásmicas: frações de plasma concentrado em algumas porções do solo devido a processos pedogenéticos (CAMARGO, 2002). Entre os exemplos de concentração plásmica, temos: nódulos ferruginosos, nódulos carbonáticos e cutãs (CASTRO, 1989).
- Separações plásmicas: segundo Brewer (1964), são feições caracterizadas por mudanças no arranjo dos constituintes sem que haja alteração do plasma (por exemplo, mudanças na orientação de argilo-minerais).
- Formações fósseis: são feições preservadas resultantes da atividade biológica de insetos escavadores e raízes, os quais produzem “túneis” que podem ser preenchidos por material das paredes ou de níveis sobrepostos.

- **Feições herdadas:** de acordo com Brewer (1964), são relictos de rocha ou material parental e podem ser reconhecidas como:

- Litorrelíquias: feições oriundas da rocha, freqüentemente reconhecidas pela estrutura e fábrica litológica (CASTRO, 1989).
- Pedorrelíquias: feições originadas por erosão, transporte e deposição de nódulos, feições pré-existent no solo etc.
- Sedirrelíquias: são feições formadas durante a deposição de material parental do solo transportado.

De acordo a natureza do material, Bullock et al., (1985) classificou as feições pedológicas em:

- Feições texturais: são formadas pela concentração de uma fração granulométrica, relacionada ao transporte e à deposição mecânica (AGUILAR et al., 2003). As partículas transportadas podem ser argilas, silte, matéria orgânica ou a combinação dessas (CATT, 1990). Os critérios mais importantes para descrição são a textura (argila pura, argila impura, silte, areia ou combinações delas) e a estrutura interna (laminações).
- Feições de depleção: caracterizam-se pela perda de determinados componentes (geralmente Fe, Mn e carbonatos de cálcio) comparado com o fundo matricial adjacente (AGUILAR et al., 2003). A natureza do componente que sofreu depleção é inferida por comparação com a matriz-S (CAMARGO FILHO, 2005).
- Feições cristalinas: são concentrações de cristais de qualquer tamanho distinguível sob microscopia óptica, sendo facilmente identificados por suas propriedades óticas (CASTRO, 2002).
- Feições amorfas ou criptocristalinas: são constituídas por concentrações de matéria orgânica ou minerais originadas pelo transporte não-mecânico (como no caso dos iônicos). São praticamente isotrópicas sob nicóis cruzados, exceto em inclusões de compostos orgânicos e/ou minerais birrefringentes (CASTRO, 2002).
- Feições de fábrica: são feições diferenciadas do material adjacente pela sua fábrica interna (BULLOCK et al., 1985).
- Feições de excrementos: é o material originado a partir do excremento de animais no solo (como pelotas fecais). São importantes por refletirem as características ambientais e determinada atividade animal (AGUILAR et al., 2003).

De modo geral, as feições pedológicas foram descritas com base na classificação básica de BULLOCK et al. (1985) e BREWER (1964), por serem

complementares. A seguir serão apresentadas as classificações de feições pedológicas e suas definições.

**Quadro 4:** Classificação de feições pedológicas modificado de Bullock et al. (1985) e Brewer (1964).

| Classificação de Feições Pedológicas (BULLOCK et al., 1985) |                                   |  | Classificação de Feições Pedológicas (BREWER, 1964) |   |                         |
|---|-----------------------------------|--|---|---|-------------------------|
| Feições pedológicas   | Grupos                            | Tipos  | Grupos  | Tipos   |                         |
| Associadas a poros, grãos e agregados.                      | Cutãs<br>Hipocutãs<br>Quasecutãs  | Típicos<br>Crescentes<br>De capeamento<br>De ligação<br>Pendentes<br>Micropan<br>Crosta  | Cutãs   | De agregados                                      |                         |
|   |                                   |  |   | De poros  | Canais Planares Normais |
|   |                                   |  |   | De grãos  | Simples Integrados      |
|   |                                   |  | Subcutãs  | Neocutãs Quasicutãs                               |                         |
|   | Preenchimento                     | Densos Soltos  | Pedotúbulos   | Granotúbulos Agrotúbulos Estriotúbulos Isotúbulos |                         |
| Sem relação com poros, grãos e agregados.                   | Nódulos                           | Típicos<br>Concêntricos<br>Nucléicos<br>Geóicos<br>Septários<br>Digitados<br>Disjuntivos<br>Pseudomórficos<br>Halos<br>Ameboidais<br>Compostos | Glébulas  | Nódulos   |                         |
|   |                                   |  |   | Concreções  |                         |
|   |                                   |  |   | Pédodos   | Simples                 |
|   |                                   |  |   |   | Compostos               |
|   |                                   |  |   | Septárias   |                         |
|   |                                   |  |   | Halos   |                         |
|   |                                   |  |   | Pápulas   |                         |
|   | Intercalações                     | Simples Serrilhadas Intercaladas   | Cristalárias  | Tubulares Cavitárias Foliares Intercalares        |                         |
|   | Cristais e Crescimento cristalino | -  | Excrementos   | -   |                         |

#### A) CUTÃS:

Constituem as acumulações de plasma ao redor de grãos, poros ou agregados (BREWER, 1964). São filmes coloidais que revestem vários tipos de superfície e têm diversas origens (CASTRO, 2002). Podem ser separação ou concentração plásmica, podendo estar conectados com a superfície dos grãos de esqueletos ou poros. Sua origem provavelmente está associada à combinação do

intemperismo *in situ* e à reorganização do solo em resposta ao regime específico de umidificação (FITZPATRICK, 1984).

De acordo com a natureza de seus constituintes, Brewer (1964) e Castro (2002) classificam os cutãs em: a) argilãs: – constituídos de argila “pura” (revestimentos brancos, cinzentos ou de cor creme, geralmente nas bordas dos poros); b) organo-argilãs – formados de argila tingida por compostos orgânicos (são translúcidos, de cor cinza ou cinza escuro); c) ferri-argilãs – compostos de argila misturada com óxidos e hidróxidos de ferro (tonalidades de amarelo, vermelho ou cinza-azulado, dependendo do estado do ferro); d) sesquãs – constituídos de sesquióxidos e hidróxidos de ferro e alumínio (são translúcidos ou opacos); e) ferras – são cutãs férricos (tons de amarelo e vermelho, variando de translúcidos a opacos); f) mangãs – formados por óxidos e hidróxidos de manganês (são opacos); g) gibbsãs – compostos de pequenos cristais prismáticos de gibbsita; h) silãs – constituídos de quartzo ou calcedônia; i) soluãs – constituem-se de sais cristalizados (carbonatos, sulfatos, cloretos) de Ca, Mg, Na; j) calcãs – constituídos de carbonato de cálcio; l) esqueletãs – formados de grãos do esqueleto aderidos à superfície cutânica.

Em relação ao modo de formação, Brewer (1964) classifica os cutãs nos seguintes tipos: a) cutãs de iluviação – são originados por deposição de material transportado em suspensão ou solução; b) cutãs de difusão – são decorrentes de concentração por difusão de material em solução; c) cutãs de tensão ou contração – são aqueles decorrentes de reorientações do plasma por efeito de forças diferenciais, como no caso de cisalhamento; quando acompanham uma rede de fissuras, constituem os cutãs de *stress*; d) cutãs complexos – resultam da combinação desses processos.

#### **B) HIPOCUTÃS E QUASECUTÃS**

Os hipocutãs são impregnações no fundo matricial adjacente à superfície a qual estão associados (externos), podem ser originados por impregnação de zonas da superfície de grãos microporosos (internos) ou por depleção de um composto químico (CASTRO, 2002). Os quasecutãs estão relacionados à superfície de poros,

grãos ou agregados, semelhante aos hipocutãs, porém não imediatamente adjacente à superfície que estão referidos.

Brewer (1964) considera tais feições como neocutãs e quasicutãs. Os neocutãs localizam-se na superfície vizinha em que estão associados, apresentando a mesma conformação dessas. Os quasicutãs apresentam as mesmas características, porém estão mais afastados que os neocutãs.

### ***C) PREENCHIMENTOS OU PEDOTÚBULOS***

São poros parcialmente ou totalmente preenchidos de solo ou alguma fração dele (BULLOCK et al., 1985). Seriam equivalentes aos pedotúbulos de Brewer (1964). São feições caracterizadas pela forma externa tubular, elipsoidal ou abobadada, preenchidas total ou parcialmente por materiais de diferentes origens (CASTRO, 2002), formados por grãos do esqueleto ou misturas com plasma. Geralmente, são macroscópicas (dimensões milimétricas ou centimétricas) apesar de existirem variações microscópicas (CAMARGO FILHO, 2005). Em geral, as formas tubulares correspondem a canais escavados pela fauna do solo.

### ***D) NÓDULOS OU GLÉBULAS***

“São feições que não estão relacionadas às superfícies de poros, grãos ou agregados e que não consistem de cristais isolados e intercrescidos” (BULLOCK et al., 1985, p. 104). São semelhantes às glébulas de Brewer (1964). São caracterizadas por sua forma e composição, sendo relativamente comuns nos solos e nas rochas sedimentares (CAMARGO FILHO, 2005). Para Brewer (1964), essas acumulações são unidades plásmicas tridimensionais subesféricas a esféricas. A relação entre as glébulas e a matriz-S do entorno fornece dados sobre a natureza e direção da transferência do material. Através da análise das glébulas, pode-se chegar à interpretação dos processos de formação dos indivíduos e de sua origem.

### ***E) INTERCALAÇÕES***

Segundo Bullock et al. (1985, p. 105), “são pedofeições alongadas e ondulantes, não relacionadas com superfícies de poros, grãos e agregados e não consistem em cristais isolados e de intercrescimento”.



## **F) CRISTALÁRIAS**

São cristais simples ou arranjos de cristais originários de frações puras do plasma que formam massas coerentes, sem fechar a matriz-S (BREWER, 1964). Além disso, são identificadas como cristais isolados e dispersos na matriz-S ou como agregados cristalinos que indicam cavidades de origem diversas (vazios, canais, câmaras etc.). Segundo Castro (2002), tais materiais são interpretados como o resultado das cristalizações ocorridas dentro dos poros pelas migrações de compostos em solução. São formadas geralmente em solos de regiões áridas e semi-áridas, os quais são submetidos a estiagens prolongadas, conduzindo à concentração das soluções. BULLOCK et al. (1985) preferem tratá-las como feições pedológicas cristalinas os materiais constituídos de cristais formados *in situ*, visíveis ao microscópio óptico com tamanho superior a 20 µm.

## **G) ALTERORRELÍQUIAS:**

Embora não seja objetivo do trabalho, o uso da micromorfologia para o estudo de alteração, breve explanação deve ser feita a respeito do assunto. Esta etapa da análise micromorfológica busca estudar a alteração e transformação dos minerais primários, através do aparecimento e desenvolvimento de espaços porosos e de novas texturas formadas sob a influência de processos supérgenos (intemperismo, erosão, sedimentação continental e pedogênese), pedoplasmação<sup>4</sup> e pedoturbação<sup>5</sup>.

Alteração é a substituição e transformação química de minerais e fragmentos de rocha, com gênese de novos minerais secundários no interior do material primário. Um alteroplasma consiste de micropartículas cristalinas secundárias desenvolvidas em mineral primário cujo tamanho e volume geralmente são mantidos. O domínio formado desta maneira é um *alteromorfo*. Quando a alteração ocorre em material herdado (no caso, litorrelíquias) são consideradas *Alterorrelíquias*.

---

<sup>4</sup> **Pedoplasmação:** São processos superficiais de formação de minerais secundários, sob os minerais de rocha parental, ou sob minerais secundários formados anteriormente em alteromorfos adjacentes.

<sup>5</sup> **Pedoturbação:** É o processo que tende a destruir as texturas do solo formadas anteriormente por processos pedológicos. Ele atua na parte superior dos perfis e seus principais fatores são de ordem biológica, física e química.

## 8. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Durante o desenvolvimento da pesquisa foram realizados estudos bibliográficos, trabalhos de campo e laboratoriais. Com o objetivo de obter dados que permitissem caracterizar processos sedimentares para a área estudada, foram realizadas análises texturais e análise micromorfológica.

### 8.1 ATIVIDADES DE CAMPO

As atividades em campo foram realizadas como a seguir se resume:

#### ***a) Reconhecimento em Campo de Unidades Estratigráficas***

O levantamento de campo da seção estratigráfica foi realizado da seguinte forma: a) determinação de mudanças laterais e verticais dos materiais que compõem a seção; b) medição de espessura e extensão lateral de unidades distintas; c) descrição de parâmetros texturais e d) descrição de estruturas sedimentares.

Através da limpeza do perfil foram criadas seções para descrição de parâmetros como: a) *cor* - determinada com o auxílio do sistema de Munsell (1994); b) *tipo de contato* - estabelecido conforme a seguinte classificação: transição abrupta (até 2 cm), clara (2-5 cm), gradual (5-15 cm) e difuso (maior que 15 cm) (IBGE, 1995); c) *porcentagem dos grãos* – estimada de acordo com Munsell (1994); d) *dimensão granulométrica*: estipulada conforme a escala de Wentworth (SUGUIO, 1973); e) *grau de arredondamento e esfericidade*: estabelecida conforme Krumbein (1941); f) *seleção*: estimada de acordo com Folk (1968); e g) *observações gerais*: foram descritas características observadas nas seções como: *presença ou não de carvão; traços de raízes; nódulos*, entre outras.

À medida que as unidades foram sendo descritas, foi feita a representação gráfica das seções estratigráficas em papel milimetrado, em escala pré-determinada.

### ***b) Coleta de Amostras para Ensaios Laboratoriais***

Amostras não deformadas foram coletadas através de testemunhos em canos PVC de 5 cm de diâmetro, para posterior análise macro e microscópica.

Na unidade 2 foram coletadas 41 amostras indeformadas em anéis volumétricos 3,8 centímetros de altura e 6,3 cm de diâmetro, inicialmente usados em análise da densidade aparente e real e posteriormente utilizados para a análise granulométrica. Entre as unidades 3 e 4 foram coletadas 10 amostras deformadas, com aproximadamente 5 cm cada, para análise granulométrica.

## **8.2 ATIVIDADES LABORATORIAIS**

### **8.2.1 Caracterização dos Materiais**

As unidades que compõem a seção estratigráfica são constituídas de material extremamente alterado, que se destrói facilmente, esfarelando-se ao toque. Por este motivo, duas técnicas de análise textural foram aplicadas.

Nas unidades 2, 3 e 4 da seqüência pleistocênica, por se tratar de material predominantemente fino, foi utilizada a técnica da análise granulométrica convencional, fundamentada no método abordado por Suguio (1973), utilizando as técnicas de peneiramento para a fração grossa ( $> 0,062$  mm) e pipetagem para a fração fina ( $< 0,062$  mm). Esse procedimento foi realizado no Laboratório de Pedologia do Departamento de Geociências da UFSC.

Nas unidades 5, 6 e 7, por se tratar de material com grande variação granulométrica (de cascalho a argila), cujos clastos estavam intemperizados, a análise textural foi realizada em amostras impregnadas, por estimativa óptica da

porcentagem de cada fração granulométrica observada ao microscópio. Tal atividade foi realizada no Laboratório de Mineralogia óptica de Solos e Rochas e no Laboratório de Geodinâmica Superficial do Departamento de Geociências da UFSC.

As tabelas da descrição textural se encontram no **anexo 1**.

#### ***a) Análise textural por peneiramento***

Foram submetidas a essa análise 41 amostras selecionadas da unidade 2 e 10 amostras da unidade 4. As amostras coletadas em campo, após a secagem ao ar são destorroadas e quarteadas, separando-se 15 g de material para análise. Para eliminação de matéria orgânica contida na amostra, inicialmente são adicionados 20 ml de peróxido de hidrogênio e 20 ml de água destilada e queimada em estufa a 70°C. Depois de secas utiliza-se solução defloculante contendo 14,72 g de hexametáfosfato de sódio e 3,25 g de carbonato de sódio anidro, diluídos em 1000 ml de água destilada, utilizando-se 50 ml de solução para cada 10 g de amostra. Cada amostra é agitada em agitador mecânico durante 15 minutos para depois separar-se as frações grossa e fina da amostra, por via úmida, ou seja, o material é lavado com água destilada em uma peneira com abertura de malha de 0,062 mm.

Os grãos finos ficam armazenados em provetas de 1.000 ml por 24 horas para ver se houve a deflocação, para então iniciar a pipetagem. O tempo desse procedimento é determinado em função da temperatura ambiente e calculado com base na Lei de Stokes (SUGUIO, 1973). Neste trabalho foi coletada a fração 9 $\phi$  (0,00195 mm), que seguidamente é seca em estufa e depois pesada. A fração fina é dividida nas classes de argila e silte, deduzindo-se a fração 5 $\phi$  (0,0313 mm) pela diferença de peso residual.

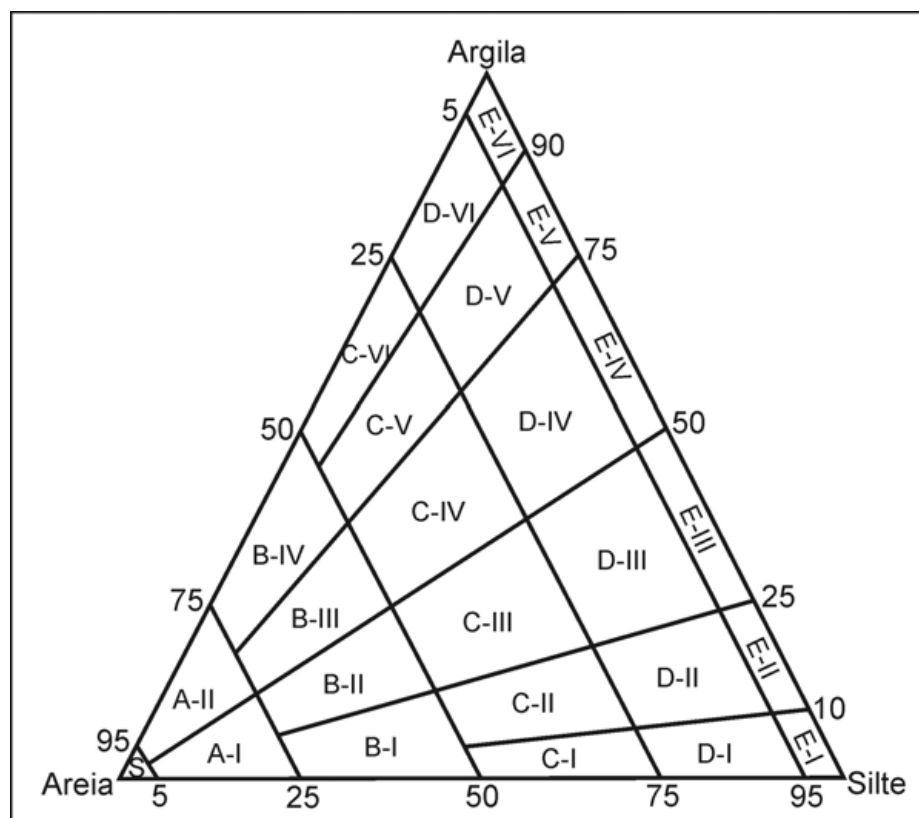
Os sedimentos grossos retidos nas peneiras acima de 0,062 mm são secos em estufa e depois colocados em conjunto de peneiras com intervalos sucessivos de 1 *phi* ( $\phi$ ), agitado manualmente. No peneiramento da fração grossa foram utilizadas seis peneiras com as seguintes escalas: 2 mm (-1 $\phi$ ); 1 mm (0 $\phi$ ); 0,50 mm (1 $\phi$ ); 0,250 mm (2 $\phi$ ); 0,125 mm (3 $\phi$ ) e 0,062 mm (4 $\phi$ ). A fração grossa foi assim dividida em classes: grânulos, areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina e areia muito fina, respectivamente.

As frações granulométricas de areia e argila são pesadas em balanças de precisão (até quatro casas decimais), enquanto a quantidade de silte é calculada a partir da diferença do peso total de finos. Desta forma, são determinados os pesos equivalentes a cada fração.

Após determinação da distribuição granulométrica das partículas, iniciaram-se as etapas de representação gráfica da distribuição granulométrica, de descrição e comparação dos sedimentos. Esses parâmetros auxiliam na inferência sobre a natureza dos depósitos sedimentares, uma vez que, em geral, a seleção dos sedimentos aumenta ou diminui dependendo dos mecanismos de transporte.

Os valores dos pesos de cada fração e suas respectivas profundidades foram transferidos para o programa Excell então determinadas as porcentagens de cada fração (grânulos, areias, silte e argila) são determinadas. Posteriormente foram feitos testes gráficos entre as frações para obter a melhor representação da distribuição granulométrica. Em geral, foram mais representativos os testes relacionados ao total percentual de grossos e finos e o índice de materiais menores do que argila e maiores do que silte.

Por fim, para a classificação textural e interpretação de mecanismos deposicionais utilizou-se o diagrama idealizado por Flemming (2000) (**Figura 12**), que trabalha com duas componentes: areia e lama (silte e argila). A partir da relação entre o conteúdo dessas duas, surgem seis tipos de sedimentos: 1) areia: < 5% lama; 2) areia levemente lamosa: 5 – 25% lama; 3) areia lamosa: 25 – 50% lama; 4) lama arenosa: 50 – 75 % lama; 5) lama levemente arenosa: 75 – 95% lama e 6) lama: > 95% lama.



**Figura 12: Diagrama triangular para a classificação de sedimentos proposta por FLEMMING (2000).**

Com suas 25 classes de sedimentos (**Quadro 5**), este diagrama permite maior detalhamento da subdivisão textural dos materiais e auxilia na distinção entre diferentes regimes hidrodinâmicos.

Como o diagrama não prevê a inclusão de frações maiores que a classe areia, as amostras com frações maiores que 2 mm ( $-1\phi$ ) geralmente são plotadas de acordo com a recomendação de Suguio (1973:70), sendo consideradas somente as frações areia, silte e argila. Nesses casos, são plotados triângulos (ao invés de um ponto) marcando o local no diagrama que deve ser ocupado pela amostra. Tal procedimento foi adotado levando em consideração a quantidade de subunidades e sua porcentagem de cascalho, para que não houvesse muitas sobreposições de triângulos de tamanhos variados no diagrama. Por isso, a classificação textural das unidades 5, 6 e 7 exigiram dois diagramas ternários diferentes.

**Quadro 5:** Classificação textural proposta por Flemming (2000) segundo a porcentagem de sedimentos

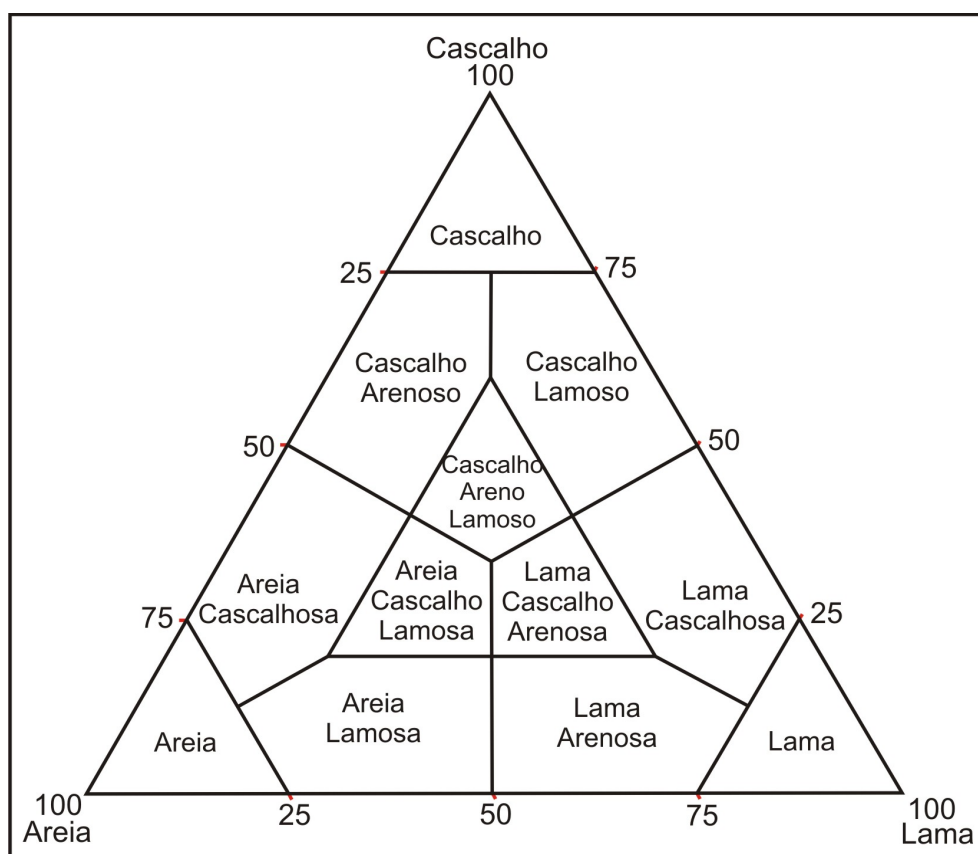
| <b>Tipo de sedimento</b>                | <b>Código</b> | <b>Classe textural</b>                          |
|---|---------------|---|
| Areia (<5% lama)                        | S             | Areia   |
| Areia levemente lamosa<br>(5-25% lama)  | A-I           | Areia levemente lamosa                          |
|   | A-II          | Areia levemente argilosa                        |
| Areia lamosa<br>(25-50% lama)           | B-I           | Areia muito siltosa                             |
|   | B-II          | Areia siltosa                                   |
|   | B-III         | Areia argilosa                                  |
|   | B-IV          | Areia muito argilosa                            |
| Lama arenosa<br>(50-75% lama)           | C-I           | Lama arenosa extremamente siltosa               |
|   | C-II          | Lama arenosa muito siltosa                      |
|   | C-III         | Lama areno siltosa                              |
|   | C-IV          | Lama argilo arenosa                             |
|   | C-V           | Lama arenosa muito siltosa                      |
|   | C-VI          | Lama arenosa extremamente argilosa              |
| Lama levemente arenosa<br>(75-95% lama) | D-I           | Lama levemente arenosa<br>extremamente siltosa  |
|   | D-II          | Lama levemente arenosa muito siltosa            |
|   | D-III         | Lama levemente arenosa siltosa                  |
|   | D-IV          | Lama levemente arenosa argilosa                 |
|   | D-V           | Lama levemente arenosa muito argilosa           |
|   | D-VI          | Lama levemente arenosa<br>extremamente argilosa |
| Lama (>95 lama)                         | E-I           | Silte   |
|   | E-II          | Silte levemente argiloso                        |
|   | E-III         | Silte argiloso                                  |
|   | E-IV          | Argila siltosa                                  |
|   | E-V           | Argila levemente siltosa                        |
|   | E-VI          | Argila  |

***b) Análise textural óptica***

Essa análise foi empregada nas amostras das unidades 5, 6 e 7 da seguinte forma: as lâminas delgadas foram divididas em subunidades sedimentares, em cada

uma das quais foi opticamente estimada a porcentagem de frações de cascalho, areia, silte e argila, segundo o critério sugerido por Castro (2002:58).

Os dados obtidos foram plotados em planilhas no programa Excell, onde foram criados gráficos para representação da distribuição granulométrica de cada fração. Devido à grande variação granulométrica (de cascalho a argila) constatada, dois diagramas foram usados para a classificação textural dos sedimentos. O diagrama de Flemming (2000) foi utilizado para subunidades de texturas predominantemente finas (contendo até frações arenosas). O Diagrama de Shepard (1954) foi empregado para subunidades contendo cascalho (**Figura 13**). Este diagrama foi utilizado por apresentar 12 classes texturais divididas proporcionalmente entre cascalho, areia e lama.



**Figura 13: Diagrama de classificação textural de Shepard (1954)**



### 8.2.2 Preparo de Material para Análise Macro e Microscópica

A aplicação da micromorfologia de solos ao objeto de estudo exigiu procedimentos longos para preparar o material de análise. Tais procedimentos devem ser feitos cuidadosamente, tanto no manuseio e no preparo de amostras, quanto na análise e na interpretação dos dados obtidos. Além disso, o uso da descrição micromorfológica exige treinamento para a capacitação em análise.

O processo de preparação de amostras de solos para análise micromorfológica passou pelas seguintes fases, resumidamente: a) secagem da amostra colhida; b) impregnação e reimpregnação da amostra com resina; c) corte da amostra e escolha das partes mais interessantes para análise; e d) confecção da lâmina. Cada uma dessas fases exige materiais e métodos próprios de trabalho, visando ao tratamento preliminar das amostras para confeccionar lâminas delgadas. Os métodos utilizados foram, em geral, baseados em Castro (1985).

A técnica de micromorfologia de solos utiliza amostras indeformadas (material coletado preservando a sua originalidade ou características de campo) de solos e de sedimentos, que devem ser consolidados, ganhando consistência de rocha. As amostras coletadas são secas ao ar para eliminar o excesso de umidade e facilitar a impregnação por capilaridade. Quando secas, inicia-se a *impregnação*. Endurecida a solução impregnante, as amostras são *cortadas* em fatias e posteriormente *reimpregnadas* (em caso de material mal impregnado ou de difícil impregnação).

As etapas descritas a seguir foram realizadas no Laboratório de Laminação de Rochas e Solos do Departamento de Geociências - UFSC.

#### ***a) Impregnação de amostras***

As amostras indeformadas são impregnadas com soluções que endurecem de modo a possibilitar o fatiamento e a confecção de lâminas delgadas. Tal endurecimento é obtido através de impregnação da amostra sob vácuo, em que soluções à base de resina de poliéster, monômero e catalisador são absorvidas, penetrando nos poros das amostras por capilaridade e sucção.

A proporção dos ingredientes em cada solução é regulada de acordo com o tipo de amostra. Em geral amostras muito argilosas são muito pouco permeáveis,

necessitando de soluções mais diluídas. Esse tipo de amostra demanda maior tempo de impregnação. Amostras arenosas respondem melhor a soluções menos diluídas, sendo em geral impregnadas mais rapidamente.

#### ***b) Corte de tabletes (fatias)***

Após a secagem, as amostras foram colocadas na serra, onde é escolhida visualmente a espessura da fatia, e depois cortadas uma por uma. Após o corte, cada fatia foi devidamente orientada, identificada conforme a amostra de origem e as partes de maior interesse de análise foram demarcadas para a confecção de lâminas delgadas.

#### ***c) Reimpregnação de amostras***

Partes de amostras podem ser facilmente perdidas durante a confecção da lâmina delgada, por isso elas precisam ser reimpregnadas. Como prevenção, nas amostras com impregnação satisfatória utilizou-se o método sugerido por Castro (1985), que se baseia no gotejamento de solução composta de resina, acetona e catalisador sobre a amostra, e posterior secagem em estufa. Nos casos de amostras mal impregnadas utilizou-se a reimpregnação de fatias por capilaridade e sucção, em procedimento igual ao da impregnação.

#### ***d) A confecção das lâminas delgadas***

A confecção de lâminas é a etapa em que as fatias escolhidas são demarcadas e cortadas do tamanho da lâmina delgada para nela serem coladas. Posteriormente, esse material é rebaixado até a espessura de 3,5 micra, para só então ser analisado ao microscópio. Quando feito manualmente, esse processo perde quantidade significativa de material, sendo necessário equipamento de precisão de desbaste ou corte. Por isso, as fatias selecionadas foram enviadas para o Laboratório Analítico e de Preparação de Amostras do Instituto de Geociências – UFRGS, e para o Laboratório de Laminação do Instituto de Geociências – USP, para confecção de lâminas delgadas.

### 8.2.3 Análise Macroscópica de Sedimentos

Devido às características dos materiais que compõem a seção, foram realizadas descrições macroscópicas em campo, e posteriormente em amostras. As amostras indeformadas, coletadas em testemunhos, foram analisadas macroscopicamente depois de impregnadas e reimpregnadas. Inicialmente, as amostras foram analisadas de acordo com sua seqüência deposicional e divididas em subunidades sedimentares de acordo com as diferentes características observadas. A análise macroscópica foi baseada na descrição das seguintes características:

**a) Tamanho e espessura das amostras:** após os cortes em tabletes, cada subunidade foi identificada e medida.

**b) Classificação de camadas:** as diferentes camadas e lâminas foram classificadas de acordo com o seu tamanho (**Quadro 6**).

**Quadro 6:** Nomenclatura que sintetiza as espessuras de camadas e lâminas de acordo com Lucci (1992).

| Camadas (cm) | Nomenclatura         | Lâminas (mm) | Nomenclatura  |
|--------------|----------------------|--------------|---------------|
| Acima de 300 | Extremamente espessa | -            | -             |
| De 100 a 300 | Muito espessa        | Acima de 30  | Muito Espessa |
| 30 a 100     | Espessa              | 10 a 30      | Espessa       |
| 10 a 30      | Média                | 3 a 10       | Média         |
| 1 a 10       | Fina                 | 1 a 3        | Fina          |
| Abaixo de 1  | Muito Fina           | Abaixo de 1  | Muito Fina    |

**c) Tamanho dos grãos:** o tamanho dos grãos foi estimado visualmente da seguinte forma: cascalho (inclui os tamanhos seixo >4 mm e grânulo 4-2 mm), areia muito grossa (2-1 mm), areia grossa (1-0,5 mm), areia média (0,5-0,25 mm), areia fina (0,25-0,125 mm), areia muito fina (0,125-0,062 mm) e lama (silte e argila).

**d) Cor da matriz e grãos:** determinada com o auxílio do sistema de Munsell (1994).

**e) Porcentagem de grãos:** a avaliação visual da porcentagem de grãos e clastos alterados foi feita com base em Castro (2002:26).

**f) Seleção:** a definição do grau de seleção dos materiais foi baseado em Bullock et al. (1985:26).

**g) Contato entre unidades:** estabelecido conforme IBGE (1995) - transição abrupta (< 2 cm), clara (2-5 cm), gradual (5-15 cm) e difusa (> 15 cm).

**h) Tipos de estruturas sedimentares:** as estruturas sedimentares foram identificadas pelas diferentes formas geométricas e pelas características deposicionais observadas.

As tabelas da descrição macroscópica se encontram no **anexo 2**.

#### 8.2.4 Análise Micromorfológica de Sedimentos

Procedimento que resulta basicamente da análise da microfábrica das amostras, depende do reconhecimento e da descrição do arranjo espacial dos diferentes constituintes observados através do microscópio polarizante. Essa análise se fundamentou na combinação das definições de Brewer (1964) e Bullock et al. (1985) e seguiu o modelo descritivo sugerido por Castro (2002). A análise micromorfológica baseou-se em três etapas fundamentais, descritas a seguir:

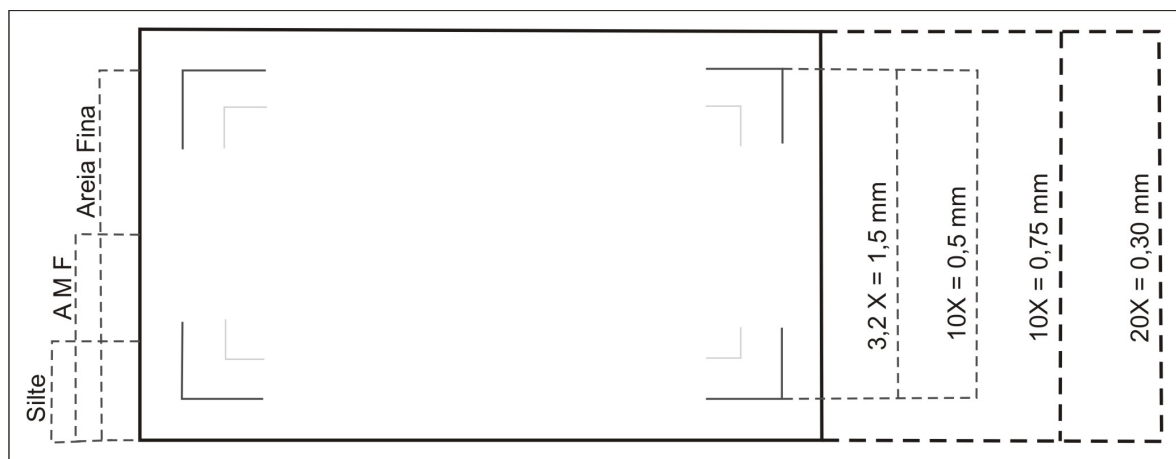
- **Análise detalhada das lâminas:** o primeiro passo é o reconhecimento da lâmina, ou seja, explorar minuciosamente todas as feições encontradas. Posteriormente, a lâmina é dividida em *subunidades* com texturas diferentes. Por último, e mais importante, é realizada a descrição detalhada da lâmina, utilizando as técnicas de descrição micromorfológica sugeridas pelos autores acima citados.
- **Descrição genérica das lâminas:** nessa etapa, concluídas a descrição detalhada, são descritas as características mais relevantes encontradas na lâmina, para compor o quadro geral da distribuição das principais feições encontradas no conjunto da lâmina.
- **Interpretação:** efetuadas as descrições acima, foram geradas tabelas com as principais características observadas, possibilitando a interpretação da lâmina e formulação de hipóteses genéticas para a seção estudada.

Em geral, a descrição micromorfológica é muito abrangente. Segundo os objetivos deste trabalho e de acordo com o que foi observado nas microfábricas, nos limitamo-nos aos seguintes parâmetros descritivos:

**I) CRITÉRIOS DESCRITIVOS GERAIS:** são descritas características inerentes aos constituintes e aspectos sedimentológicos.

**a) Grau de seleção:** estimado visualmente conforme Bullock et al. (1985:26) e classificadas em: Muito Bem selecionado (só uma fração presente), Bem selecionado (5-10% de outras frações), Moderadamente selecionado (10-30% de outras frações), Pobremente selecionado (não há fração dominante) e Muito Pobremente selecionado (grande variedade de frações).

**b) Dimensão dos constituintes:** nesta descrição foi utilizado o microscópio petrográfico com reticulado na objetiva. De acordo com a escala de ampliação, diferentes tamanhos podem ser definidos (**Figura 14**): **Cascalho** = > 2 mm (maior que todo o retículo do meio em 3,2x); **Areia M. Grossa** = 1 a 2 mm (até 2/3 do retículo do meio em 3,2x); **Areia Grossa** = 0,5 a 1mm ( $\geq$  do que todo o retículo do meio em 10x); **Areia Média** = 0,25 a 0,5mm ( $\leq$  do que o retículo em 10x); **Areia Fina** = 1/8 a 0,25mm (maior que retículo grande em 20x); **Areia Muito Fina** = 1/16 a 1/8 (metade do retículo grande em 20x); **Silte** = 1/4 do retículo grande em 20x.



**Figura 14: Desenho esquemático do reticulado utilizado na estimativa do tamanho dos constituintes.**

**c) *Frequência*:** classificada conforme Castro (2002:47) em: Muito Dominante (>70%), Dominante (50-70%), Comum (30-50%), Freqüente (15-30%), Baixa (5-15%) e Muito Baixa (<5%).

**d) *Cor*:** identificada com o auxílio do sistema de Munsell (MUNSELL, 1994).

**e) *Contraste*:** leve (pequena diferença), fraca (diferença definida), moderada (diferença significativa) e forte (características totalmente diferentes) (CASTRO, 2002).

**f) *Adesividade e Nitidez*:** estes parâmetros são correlacionados; limites muito nítidos correspondem a fracamente adesivas, limites nítidos a discretamente adesivas, limites difusos a moderadamente adesivas e limites difusos a muito adesivas (BREWER, 1964:263)

**g) *Fábrica*:** descreve a formação de laminação dentro das subunidades. A laminação pode ser paralela, inclinada ou não-laminada (HARMS et al.,1982).

**h) *Contato entre grãos*:** Pettijohn (1963) classifica os contatos em: suturado, côncavo-convexo, pontual, longitudinal e flutuantes na matriz.

**i) *Distribuição da fábrica*:** segundo Harms et al. (1982) podem ser descritos *a) clastos suportados bimodal e matriz bem selecionada* - observa-se empilhamento de dois tamanhos de frações: grossas e matriz predominantemente fina; *b) clastos suportados polimodal e matriz pobremente selecionada* - ocorre empilhamento de tamanhos variados de grossos e finos; *c) matriz suportada polimodal* - os clastos estão distribuídos esparsamente e cimentados na matriz (predominante).

**j) *Tipos de distribuição*:** Foram descritos três tipos: *a) distribuição de base* - considera a posição de indivíduos semelhantes. Pode ser aleatória, agrupada, concêntrica, radial, linear e bandada. *b) distribuição referida* - descreve a posição de indivíduos semelhantes em relação a determinado constituinte. Pode ser descrita como não referida, perpendicular, paralela, oblíqua, cutânica e subcutânica. e *c) distribuição relativa* - considera o posicionamento de indivíduos semelhantes em relação a indivíduos diferentes. Classificam-se em mônica, enáulica, gefúrica, quitônica e porfírica (CASTRO, 2002: 55 e 56).

**I) Tipos de Orientação:** os tipos descritos foram: *a) Orientação de base* - considera o alinhamento global dos indivíduos de acordo com o grau de orientação geral apresentado. Classifica-se de acordo com a porcentagem de indivíduos em: forte (>60%), moderada (60-40%), fraca (40-20%) e não orientada (<20%). *b) Orientação referida* - corresponde ao alinhamento dos indivíduos tomando por referência a superfície de determinado constituinte. Pode ser paralela, perpendicular, oblíqua, curvada e não referida. *c) Orientação relativa* - considera o alinhamento dos indivíduos em relação a outros indivíduos. Classifica-se da mesma maneira que a referida (CASTRO, 2002: 57).

**II) ASPECTOS MICROMORFOLÓGICOS:** são abordados os componentes micromorfológicos (agregados, poros, esqueleto, plasma, cutãs, pedotúbulos, nódulos etc.). Cada um desses componentes exige descrição específica.

**a) Agregados:** quando ocorre agregação é descrita quanto a: *a) hierarquia* - se primários, secundários ou terciários (CASTRO, 2002:12); *b) grau de desenvolvimento* - pode ser fortemente, moderadamente ou fracamente desenvolvido (CASTRO, 2002:60); *c) grau de acomodação* - classifica-se em acomodados, parcialmente acomodados e não acomodados (CASTRO, 2002:60); *d) forma* - se prismática, em blocos, laminar ou arredondada (CASTRO, 2002:52); *e) tamanho* - de acordo com a forma, classifica-se em: muito grande, grande, médio, pequeno e muito pequeno (CASTRO, 2002:61); e *f) critérios gerais: arredondamento e rugosidade superficial*.

**b) Estrutura (do solo):** tanto em material pédico quanto apédico, o tipo de estrutura foi descrito de acordo com BULLOCK et al. (1985: 46 e 47).

**c) Poros:** foram descritos de acordo com os seguintes aspectos: *a) hierarquia* - classificam-se em inter-agregados, intra-agregados ou transagregados; *b) conformação* - curvos, regulares, irregulares, mamelonados, aciculares e planares (BULLOCK et al., 1985:30); *c) morfologia* - podem ser intergranulares, cavidades, vesículas, canais, alvéolos e fissuras (CASTRO, 2002:67); *d) rugosidade e alisamento* - classificam-se em ortoporos (sem alisamento das paredes dos poros) ou metaporos (com paredes alisadas) (CASTRO, 2002:68); *e) gênese* - são descritos litoporos (quando derivados da rocha, estrutura petrográfica), pedoporos

(criados por processos pedogenéticos) e bioporos (gerados por ação biológica); e f) critérios gerais: frequência, distribuição, orientação e tamanho.

**d) Esqueleto:** analisado e descrito sob diferentes aspectos, como:

- **Análise Textural:** foi realizada pela estimativa óptica da quantidade das frações de cascalho, areia, silte e argila. Em cada subunidade foi feita a identificação da dimensão granulométrica dos grãos e clastos alterados (critérios gerais, item b) e estimada a porcentagem de cada fração até o total de 100% (segundo CASTRO, 2002:126 e SHOLLER & PETER, 1981).

- **Análise Mineralógica:** para identificar os tipos de grãos minerais e litorrelíquias não alteradas foi utilizado Sholler & Peter (1981).

- **Análise Morfológica e Morfoscópica:** a análise morfológica permite a caracterização quanto ao grau de arredondamento e esfericidade, e a análise morfoscópica distingue a superfície externa (rugosidade superficial). Foram descritas conforme Bullock et al. (1985: 31)

- **Análise Genética:** estabelece vínculos com a origem do material, por meio da resistência dos minerais primários ou feições nodulares e suas transformações. Os tipos de alterações observadas foram classificados de acordo com Delvigne (1998).

- **Análise Funcional:** auxilia na interpretação de processos de intemperismo atuantes e nas conseqüentes redistribuições. Nesta análise são consideradas as descrições da distribuição e orientação (de base, referida e, principalmente, relativa) do esqueleto. Foram descritos conforme os critérios gerais (item j e l).

**c) Plasma:** foi descrito conforme: a) *composição* - argilãs, minerais pequenos, poeiras, cinzas, sais solúveis, óxidos, hidróxidos, matéria orgânica (CASTRO, 1989:33); b) *tipo de estruturas plásmicas* - podem ser assépticas, quando o plasma não apresenta separações plásmicas (argilasséptica ou silasséptica) ou séptica, quando ocorrem separações plásmicas (são descritas inséptica, mosséptica, vosséptica, esquelséptica, masséptica e omnisséptica) (CASTRO, 2002:80 e 81); c) *grau de orientação* do plasma - de acordo com a porcentagem de indivíduos orientados, a orientação varia entre forte (>60%), moderada (60-40%), fraca (40-20%), não resolvível (<20%), não orientada (plasma isotrópico), e indeterminada



(isotrópico por opacidade) (CASTRO, 2002:79); *d) natureza da orientação* - pode ser manchada, estriada ou contínua (opt. cit.); e *e) critérios gerais*: orientação referida, distribuição e cor.

**d) Cutãs:** a descrição dos cutãs foi baseada nos seguintes aspectos: *a) tipo de cutãs* - de grãos, de agregado ou de poro (CASTRO, 2002:89); *b) forma do revestimento* - típico, crescente, de capeamento, de ligação, pendente, micropan e crosta (CASTRO, 2002:90); *c) natureza do constituinte* - argilãs, organo-argilãs, ferri-argilãs, ferrãs etc. (CASTRO, 2002:97); *d) Laminação* - refere-se à orientação de base dos cutãs e pode ser: não laminado, laminado, microlaminado, acamado e laminado composto (CASTRO, 2002:95); *e) tipo de extinção* - nítida, difusa ou ausente (CASTRO, 2002:94); *f) grau de orientação* - de acordo com a porcentagem de indivíduos orientados, a orientação varia entre forte (>60%), moderada (60-40%), fraca (40-20%), não resolvível (<20%), não orientada (plasma isotrópico), e indeterminada (isotrópico por opacidade) (CASTRO, 2002:79); *g) classificação morfológica* - a constituição pode apresentar formas diferentes: simples (uma constituição mineralógica ou química) e complexos (com camadas alternadas diferenciadas por aspectos mineralógicos ou químicos) (CASTRO, 2002:95); *h) genética* - tipos relacionados ao modo de formação: cutãs iluviais, cutãs de difusão, e cutãs de tensão (CASTRO, 2002:98); e *i) critérios gerais*: contraste e limites do contato.

**g) Pedotúbulos:** os aspectos descritos foram: *a) forma externa* - pode ser: tubular simples ou ramificada, elíptica, abobadada (CASTRO, 1989:66); *b) tipo de pedotúbulo* - de acordo com sua constituição e arranjo interno, podem ser: granotúbulos (constituídos apenas de esqueleto sem plasma), agrotúbulos (constituídos de esqueleto e plasma formando agregados com distribuição relativa enáulica), isotúbulos (compostos de grãos do esqueleto cimentados por plasma, sem formar agregados e distribuição relativa porfírica) e estriotúbulos (constituídos de esqueleto e plasma com arranjo semelhante à forma tubular externa) (CASTRO, 2002: 105 e 106); *c) densidade* - descrita como: densos completos (com poros completamente preenchidos por materiais diversos), densos incompletos (ocorrem poros no seu interior), soltos contínuos (com poros preenchidos continuamente por agregados, grãos etc.), soltos descontínuos (com poros preenchidos por agregados, grãos etc., com distribuição isolada) (CASTRO, 2002:105); *d) composição interna* -

pode ter constituição orgânica, silicosa etc. (CASTRO, 1989:66); *e) individualização* - descrevem-se como discretos (com limites nítidos em relação ao fundo matricial) e aderentes (com limites difusos em relação ao fundo matricial) (CASTRO, 2002:106); *f) origem* - comparando com o fundo matricial, podem ser: ortotúbulos (preenchidos com material do mesmo horizonte), metatúbulo (preenchido com material de outro horizonte), paratúbulo (preenchido com material pré-existente que ficou protegido ou que sofreu concentrações posteriores) (CASTRO, 2002: 108); *g) evolução* - pode ser por deformação, preenchimento, superposição ou preenchimento de materiais diferentes; *h) sobreposição de preenchimento* - quando ocorre sobreposição, podem ser descritos como: justapostos ou sobrepostos (BULLOCK et al., 1985:115); e *i) critérios gerais*: contraste.

***h) Nódulos, pedorrelíquias e litorrelíquias:*** os aspetos descritos foram: *a) origem* - podem ser duas: orto (formada in situ por processos pedológicos, concentrações ou separações plásmicas) ou herdada (são relíquias da rocha ou material parental (litorrelíquias, pedorrelíquias, sedirrelíquias) (BREWER, 1964); *b) tipo de nódulos* - pode ser textural, depleção, cristalina, amorfa, de fábrica, de excremento e composta (BULLOCK et al., 1985:96); *c) morfologia interna* - típico, concêntrico, nucléico, etc. (BULLOCK et al., 1985:104); *d) morfologia externa* - ameboidal, digitada, disjuntiva, agregada, irregular e composta (BULLOCK et al., 1985:105) ; *e) grau de impregnação* - descreve-se como puro (claramente distinta do fundo matricial), fortemente impregnado (é distinta mas apresenta leve semelhança com o fundo matricial), moderadamente impregnada (é distinta mas tem clara semelhança com o fundo matricial) e fracamente impregnada (com grande semelhança com fundo matricial) (CASTRO, 2002:110); e *f) critérios gerais*: adesividade, nitidez, contraste e cor.

***l) Alterorrelíquias:*** Foram descritas e classificadas de acordo com Delvigne (1998).

As descrições foram organizadas em tabelas subdivididas de acordo com a amostra e o tipo de descrição realizada (por exemplo: descrição de cutãs, de poros, etc.) e são apresentadas no **anexo 3**.

## 9. RESULTADOS

Este trabalho está integrado a projeto de pesquisa que tem como objetivo principal demonstrar que dados sedimentológicos e geomorfológicos podem fornecer evidências para a interpretação paleoidrológica do Quaternário. Os aspectos teóricos levantados sobre as estruturas sedimentares (capítulo 5) evidenciaram a sua importância para caracterizar as condições deposicionais de determinado ambiente. Nesse sentido, as técnicas de micromorfologia de solos e de análise textural têm sido consideradas como recursos para interpretações deposicionais em áreas de cabeceiras de vale, mais especificamente, pois possibilitam avaliação detalhada de estruturas de maior escala.

A análise detalhada de feições sedimentares tem sido usada com êxito para caracterizar processos deposicionais e pós-deposicionais em áreas de cabeceiras de vale (FERREIRA, 2004; SANT'ANA et al., 2005; FERREIRA & OLIVEIRA, 2006). Compreender os processos dominantes nesses ambientes, os tipos de depósito, transporte e estruturas geradas é fundamental para o entendimento da dinâmica da paisagem local (mega-estrutura). Todavia, entender como tais processos ocorrem em escala microscópica (microestrutura) pode também esclarecer a dinâmica de detalhe associada ao perfil de campo (macroestrutura) no qual se esteja trabalhando.

Levando em consideração a qualidade do registro sedimentar preservado na área de estudo, em relação a áreas similares no Brasil, foram analisados aspectos sedimentológicos e micromorfológicos, passíveis de fornecer evidências sobre processos deposicionais, avaliando potenciais e limitações para sua aplicação à interpretação de formações superficiais quaternárias. A caracterização de processos deposicionais pode fornecer, na área de estudo, informações sobre as condições ambientais locais desde o Pleistoceno, e assim contribuir para estratigrafia quaternária em áreas de cabeceira de vales de planalto. A seguir serão apresentados os resultados dos levantamentos e das análises realizadas na seção estratigráfica explorada neste estudo.

## 9.1 PRINCIPAIS UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS: CARACTERÍSTICAS E INTERPRETAÇÕES

A mina de extração de argila em Cerro do Touro, Campo Alegre (SC) vem sendo estudada desde o ano 2000 (OLIVEIRA et al., 2001; SANT'ANA et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2006 e OLIVEIRA et al., 2008). Mas ainda persistem dúvidas relacionadas a processos deposicionais locais, tornando necessário maior detalhamento e aprimoramento na caracterização de tais materiais. Este trabalho pretende analisar as características sedimentológicas e micromorfológicas como forma de contribuição aos trabalhos que vem sendo realizados na área de estudo, além de constituir acervo para preservação das estruturas registradas, que foram destruídas pelo trabalho de mineração.

Desde o início dos trabalhos realizados naquela área, muitas modificações na topografia ocorreram devido à atividade exploratória. Com o avanço da mineração, novos afloramentos foram expostos, possibilitando o levantamento de três seções estratigráficas. A **Figura 15** apresenta a planta planialtimétrica da área de estudo, ressaltando algumas características topográficas e indicando a localização das seções estudadas. A **Figura 16** mostra as **seções A e B** depois da retirada de parte das unidades 6, 7 e 8.

Com base na confecção dos perfis estratigráficos podemos identificar características sedimentológicas importantes relacionadas à macroestrutura. Todas as seções aqui apresentadas foram descritas, mas as **seções A e B** serão utilizadas apenas para ilustrar a configuração das formas geométricas das unidades estratigráficas em diferentes pontos da área de estudo. Por se tratarem das mesmas unidades, todas as descrições foram equiparadas. A apresentação dos resultados baseia-se principalmente no levantamento realizado na **seção C**, estudada há mais tempo e com datações estabelecidas.

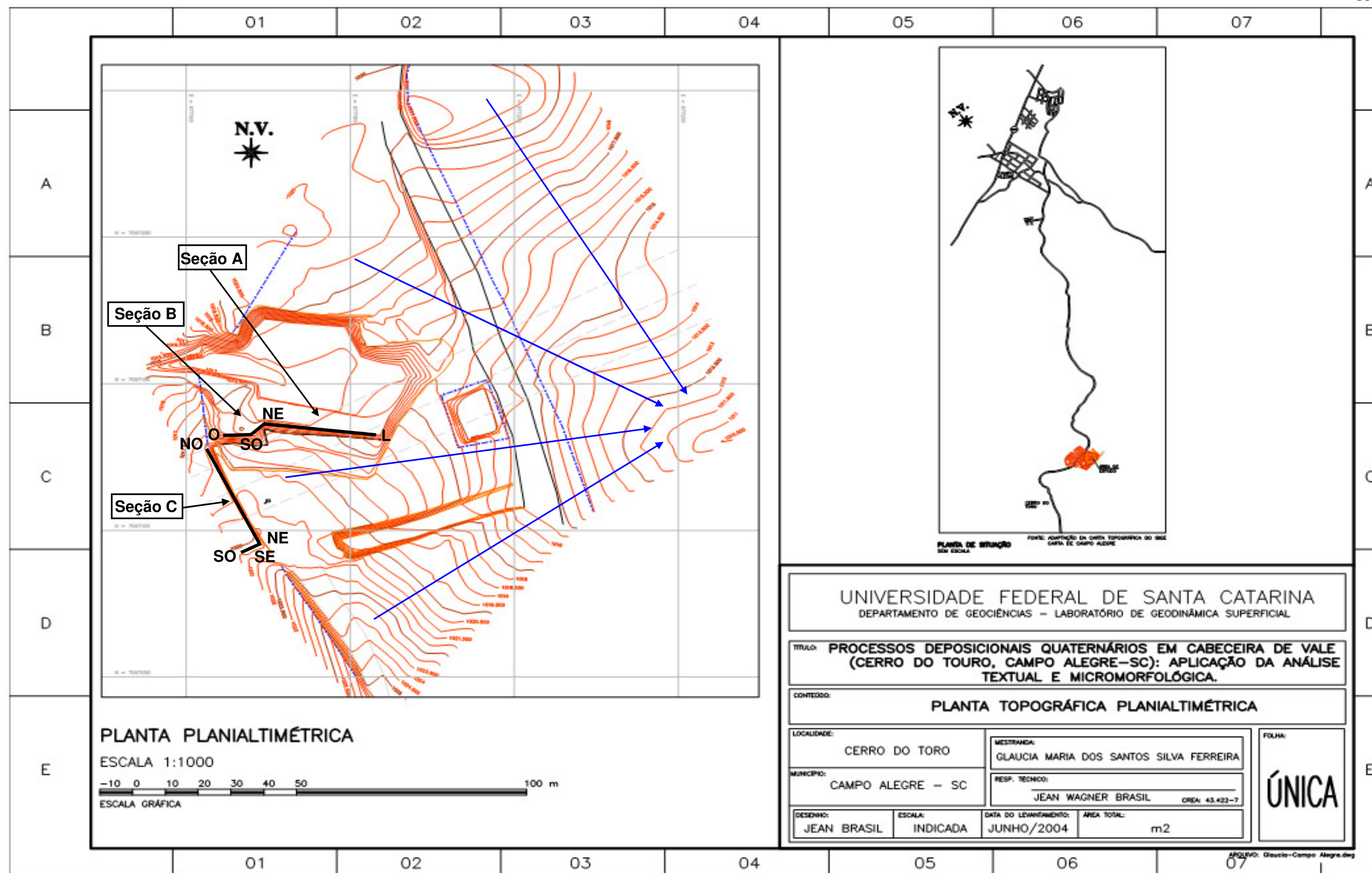


Figura 15: Planta planialtimétrica da área de mineração de caulim no Cerro do Touro, Campo Alegre (SC). As setas azuis indicam a orientação de declives característica de cabeceira de vale, onde os fluxos tendem a convergir para as partes mais baixas da topografia. Em preto, a localização das seções A, B e C.

A **seção A (Figura 15)** apresenta-se exposta de Oeste-Leste na área de estudo. As formas geométricas (**Figura 17**) sugerem caimento convergente das unidades estratigráficas de oeste e leste e de leste a oeste no setor leste do perfil. Onde a rocha alterada (unidade 1) torna-se mais espessa, nota-se terminação das unidades sobrejacentes (2, 3, 4 e 5), constituindo forma côncava, típica de estrutura de canal. A unidade 6 apresenta forma convexa. Na extremidade leste do perfil, a unidade 1 é cortada por incisão erosiva em forma de canal em “V”. A unidade 2 assume conformação de lente truncada no extremo oeste do perfil.

Em campo, a **seção B** apresenta-se exposta em dois sentidos: de Oeste-Leste passa a Sudoeste-Nordeste (**Figura 18**). Todas as unidades apresentam-se inclinadas de oeste a leste da seção. Notar geometria variada da unidade 2 que indica truncamento por erosão desse depósito turfoso.

As **Figuras 15, 19 e 20** apresentam a **seção C** disposta em duas direções. De Noroeste-Sudeste, observa-se que ocorre inflexão do perfil (em 90°) e passa a Nordeste-Sudoeste. Em geral, as unidades das seções apresentam inclinação de SE para NO (**Figura 20**). Ao observar das unidades da seqüência pleistocênica (unidades 1 a 4) na **seção C** nota-se que apresentam geometria lenticular, côncavas no topo. A partir da unidade 5, a geometria das unidades da seqüência holocênica continua lenticular, porém, passando sutilmente a convexas no topo. Cada unidade (5, 6, 7 e 8) apresenta-se mais espessa na parte central e mais fina nas extremidades, constituindo lentes, que em conjunto constituem sistema de agração, com direções de fluxos visivelmente diferentes (em campo). Tais características são importantes, pois podem sugerir o provável ambiente sedimentar, no caso, indicaria ocorrência de fácies de leques aluviais, durante o Holoceno Médio (a partir da unidade 5).





Figura 16: Foto das seções A e B após avanço da mineração.

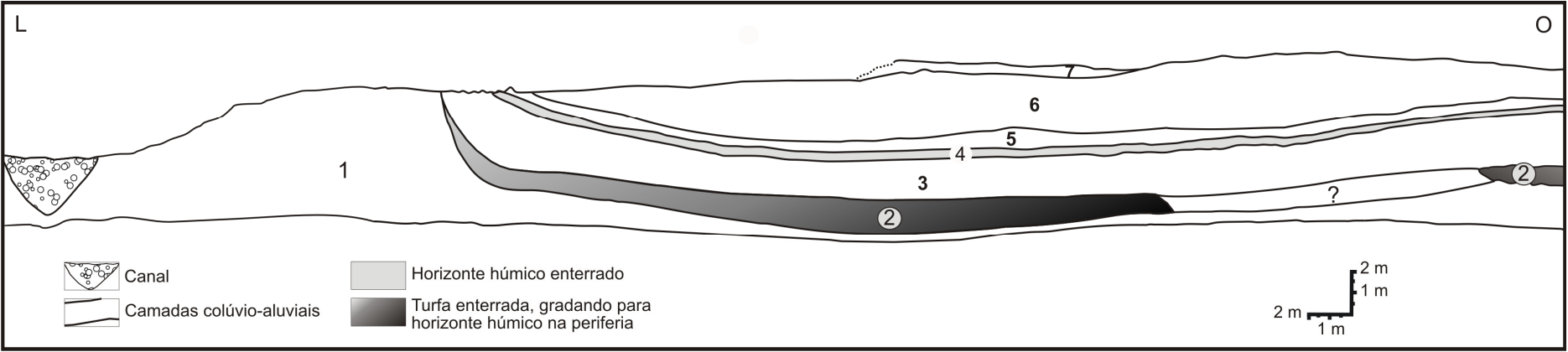


Figura 17: Representação esquemática da Seção A.

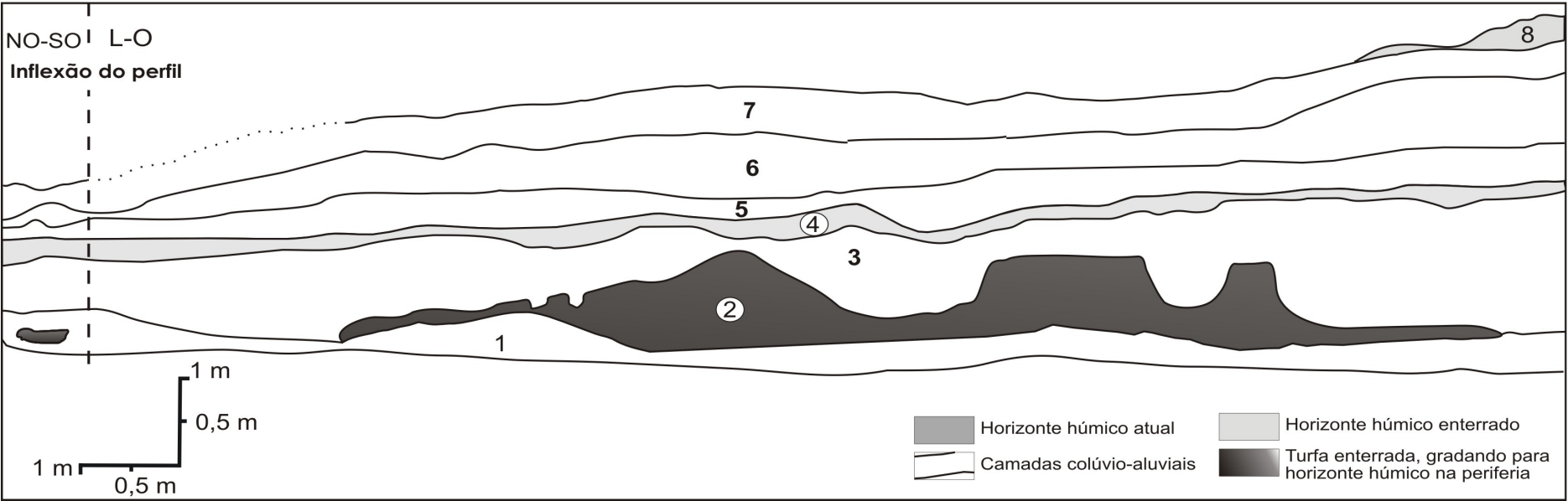


Figura 18: Representação da Seção B.

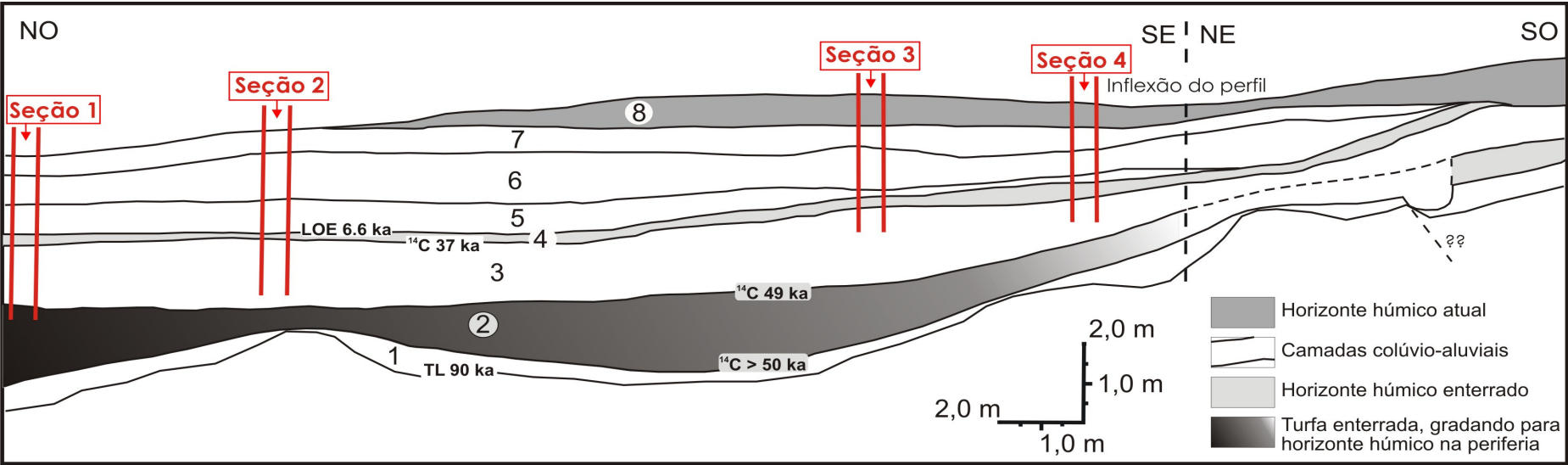


Figura 19: Representação da seção “C” e a localização das seções descritivas



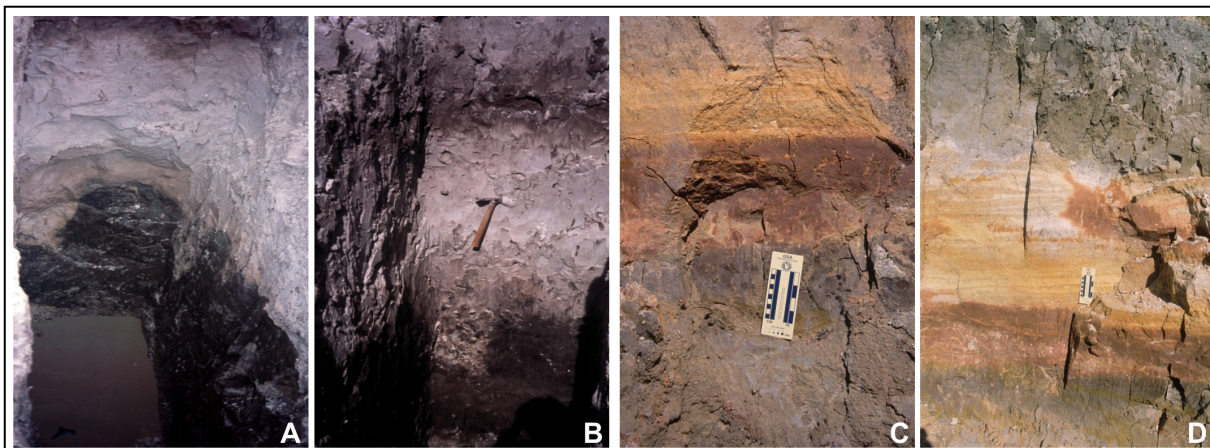
**Figura 20: Foto da área de estudo mostrando a inclinação da topografia e a coloração dos materiais (Hidromorfia X Oxidação). Notar a localização aproximada da seção C (inflexão no sentido NO-SE e NE-SO).** Foto tirada por Marcelo Accioly Teixeira de Oliveira em 2006, após avanço da mineração e aterramento da seção C.

Na **seção C**, as unidades da seqüência pleistocênica (2, 3 e 4) apresentam características hidromórficas no setor NO-SE (parte mais baixa). É provável que o efeito da água sobre o material tenha ocasionado transformações químicas, dando cores de baixo matiz aos materiais (**Figura 21, A e B**) (**Quadro 7**, cores brunadas e acinzentadas).

No setor NE-SO, topograficamente mais alto, ocorre pigmentação por óxidos e hidróxidos de ferro em todas as unidades da seção (**Figura 21, C e D**), constituindo matizes mais vivos e cores mais variadas (**Quadro 7**, tons avermelhados, amarelados e brancos).

Em ambos os setores, as unidades da seqüência holocênica (5, 6, 7 e 8), além de serem impregnadas por óxidos e hidróxidos de ferro, apresentam clastos de diferentes frações granulométricas, muito alterados (argilizados), totalmente friáveis, constituindo lentes discretas.





**Figura 21: Fotos de trincheira aberta e perfis analisados. Em A e B, ocorre material hidromórfico (preto e cinza); em C e D, predominam unidades oxidadas (alaranjadas e avermelhadas).** Fotos: Marcelo Accioly Teixeira de Oliveira (ano 2002).

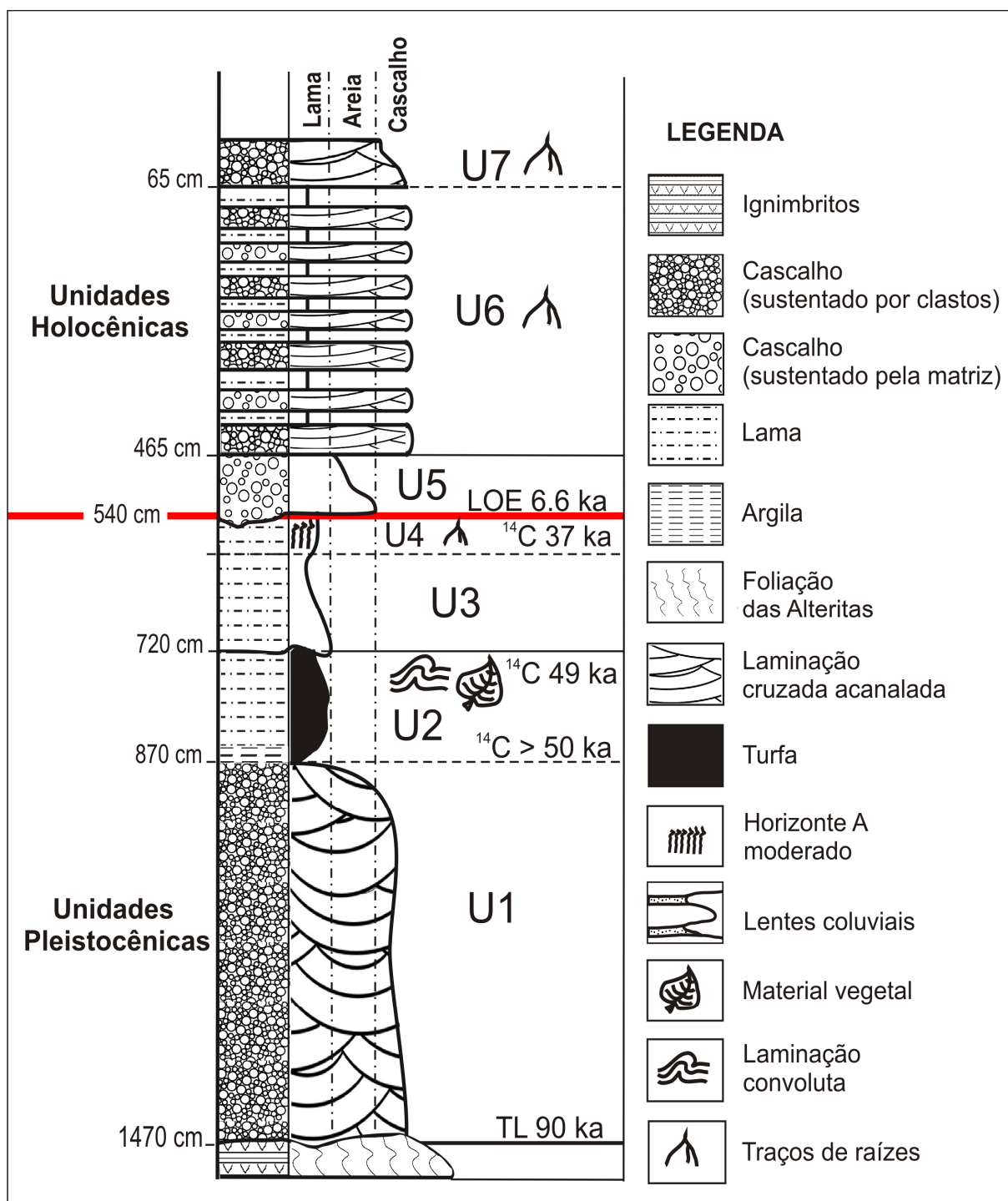
Através das descrições físicas dos materiais foi possível caracterizar os diferentes horizontes de solo e os depósitos sedimentares. A **Figura 19** mostra a **seção C** e a localização de onde houve descrição detalhada. O **Quadro 7** apresenta as principais características das unidades estratigráficas descritas em campo. As características sedimentológicas globais das seções podem ser observadas na **Figura 22**.

Aqui serão apresentados os resultados mais relevantes para a configuração dos materiais que compõem as seções estudadas. Os levantamentos das seções estratigráficas e as descrições realizadas em campo permitiram identificar 8 unidades estratigráficas, como se verá a seguir.

**Quadro 7:** Características físicas das unidades que compõem a seção estratigráfica estudada

| <b>Unidades</b>  | <b>Espessura Máxima</b> | <b>% Clastos</b> | <b>Dimensão Granulométrica</b> | <b>Arredond.</b>          | <b>Seleção</b> | <b>Cor matriz Seção SE-NO</b>                         | <b>Cor matriz Seção NE-SO</b>   | <b>Contato</b> |
|------------------|-------------------------|------------------|--------------------------------|---------------------------|----------------|---|---|----------------|
| <b>U1 (base)</b> | De 30 cm a 70 cm        | 50%              | Até 10 mm                      | Subangular a subarredond. | Pobremente     | Branco (10YR 8/1) e cinzento avermelhado (5YR 5/2)    | Vermelho acinzentado (2,5Y 6/2)   | Difuso         |
| <b>U1 (topo)</b> | De 30 cm a 530 cm       | 2%               | Até 2 mm                       |                           | Bem            | Bruno muito claro-acinzentado (10YR 7/3)              | Cinzento avermelhado (5YR 5/2)  | Abrupto        |
| <b>U2</b>        | 150 cm                  | 2%               | Até 5 mm                       | Subangular a subarredond. | Bem            | Preto (2,5Y 2,5/1) e cinzento muito escuro (2,5Y 3/1) | Cinzento muito escuro (10YR 3/1) e bruno muito claro-acinzentado (10YR7/3)                          | Difuso         |
| <b>U3</b>        | 150 cm                  | 2 a 10 %         | Até 10 mm                      | Subangular a subarredond. | Bem            | Cinzento-brunado-claro (10YR 6/2)                     | Cinzento-rosado (5YR 7/2); cinzento-avermelhado-escuro (5YR 4/2) e vermelho-acinzentado (2,5YR 6/2) | Difuso         |

|                  |                        |                    |               |           |                           |                       |  |  |         |
|------------------|------------------------|--------------------|---------------|-----------|---------------------------|-----------------------|--|--|---------|
| <b>U4</b>        |                        | 30 cm              | 2%            | Até 10 mm | Subangular                | Muito bem             | Bruno muito escuro (10YR 2/2)                            | Cinzentos-avermelhado-escuro (5YR4/2)  | Abrupto |
| <b>U5 (base)</b> |                        | 58 cm              | 3%, 25% e 80% | Até 20 mm | Subangular a subarredond. | Moderada a pobremente | Bruno (7,5YR 5/3)<br>Bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2) | Cinzentos-avermelhado (2,5YR 7/1)<br>Cinzentos-claro (7,5YR 7/1)<br>Branco (7,5YR 8/1) | Abrupto |
| <b>U5 (topo)</b> |                        | 17 cm              | 3%, 40% e 80% | Até 4 mm  | Subangular a subarredond. | Bem a moderada        |  |  | Abrupto |
| <b>U6</b>        | <b>Subun. lamosa</b>   | De 200 cm a 400 cm | 2%            | Até 2 mm  | Subangular a arredondado  | Muito bem             | Bruno muito claro-acinzentado (10YR 8/3)                 | Branco (10YR 8/1)<br>Branco-rosado (2,5Y8/2)<br>Rosado (2,5Y8/3)                       | Abrupto |
|                  | <b>Subun. arenosa</b>  |                    | De 15% a 80   | Até 4 mm  | Subangular a arredondado  | Bem a pobremente      |  |  | Abrupto |
|                  | <b>Subun. cascalho</b> |                    | De 30 a 90%   | Até 10 mm | Subangular a arredondado  | Bem a pobremente      |  |  | Abrupto |
| <b>U7</b>        | <b>Subun. arenosa</b>  | 65 cm              | Até 15%       | Até 4 mm  | Subangular                | Bem a moderada        | Branco (5YR8/1) e cinzentos-claro (10YR 7/1)             | Branco (10YR 8/1)  | Abrupto |
|                  | <b>Subun. cascalho</b> |                    | De 50 a 90%   | Até 64 mm | Subangular a arredondado  | Muito pobremente      |  |  |         |
| <b>U8</b>        |                        | 100 cm             | Até 35%       | Até 10 mm | Subangular a arredondado  | Pobremente            | Preto (7.5YR 2,5/1)                                      | Preto (7.5YR 2,5/1)  | -       |



**Figura 22: Representação das características sedimentológicas das seções estudadas.** Fonte: Modificado de Oliveira et al., 2006.



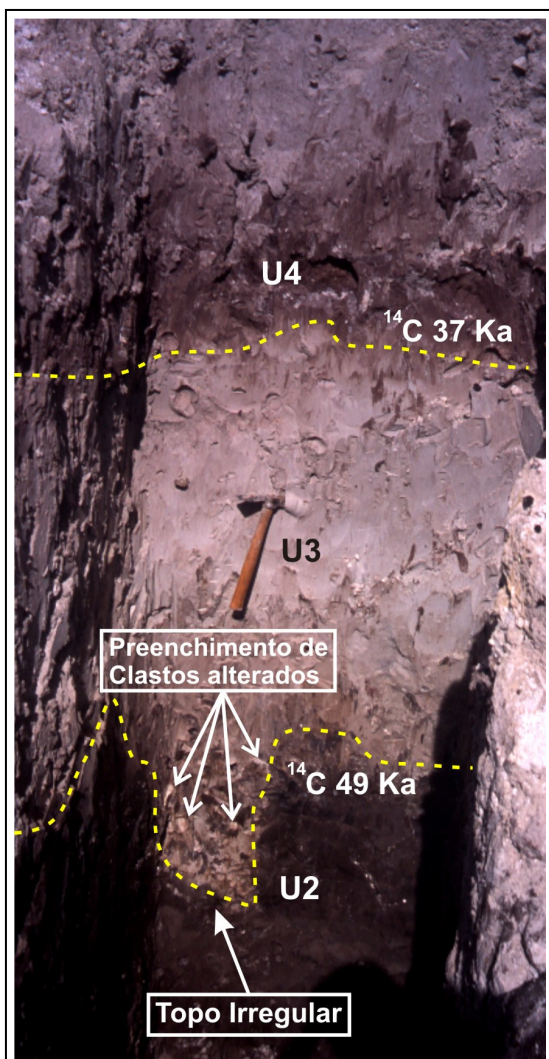
**Figura 23: Foto mostrando as características das unidades 1 e 2.**  
Foto: Marcelo A. T. de Oliveira (ano de 2006).

A **unidade 1** repousa sobre discordância erosiva escavada sobre alteritas das rochas piroclásticas locais e data, provavelmente, do início do último estágio glacial (TL 90 Ka), (OLIVEIRA et al., 2008). Esta unidade é caracterizada por depósito colúvio-aluvial com 30 cm a 600 cm de espessura. Da base ao topo da unidade ocorrem diferentes características sedimentológicas (**Quadro 7 e Figura 23**). A base é formada por camada espessa, constituída de lentes subparalelas de cascalho alterado, desenvolvendo localmente laminações cruzadas (**Figuras 22**). Apresenta até 50% de clastos inseridos na matriz, com dimensão granulométrica de até 10 mm, constituindo material pobremente selecionado. A partir de 80 cm o material torna-se gradualmente fino,

estabelecendo contato difuso. Na transição com a unidade subjacente apresenta cerca de 50 cm de material predominantemente fino e bem selecionado, constituindo estrutura maciça. Nota-se que a cor torna-se mais escura (**Quadro 7**) até formar o depósito carbonoso (U2); o contato apresenta-se abrupto com a unidade 2.

A **unidade 2** é constituída por depósito paludial pleistocênico de aproximadamente 150 cm de espessura. As idades obtidas (OLIVEIRA et al., 2008) sugerem que o topo do depósito se desenvolveu durante o estágio isotópico marinho 3 (EIM 3) em 49.000 anos A. P. ( $C^{14}$ ), enquanto a base se situa, provavelmente, além do alcance da datação  $C^{14}$  realizada ( $> 50$  Ka). A unidade é formada por camada muito espessa, constituída de material predominantemente fino (lamoso), bem selecionado e homogêneo, com muitos resíduos de vegetais. Próximo ao topo ocorrem cerca de 2% de clastos alterados de até 5 mm de espessura. No setor NO-



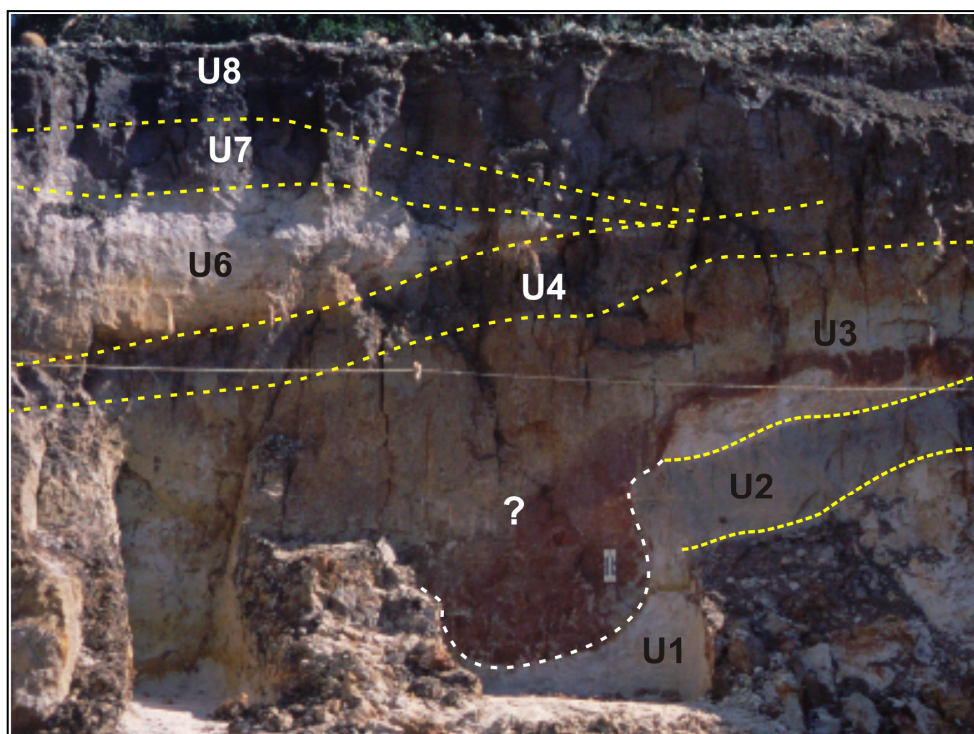


**Figura 24: Foto da trincheira aberta no setor NO-SE, mostrando as unidades 2, 3 e 4.** Foto de Marcelo A. T. Oliveira no ano de 2002.

SE da seção, a unidade 2 apresenta tonalidades que variam de cinza escuro a preto (**Quadro 7**), e concentrações de matéria orgânica que dão indício a depósito turfoso (**Figura 21**). No setor NE-SO, a unidade 2 deixa de apresentar resíduos vegetais e assume cores acinzentadas (**Quadro 7**) com características de horizonte A húmico (**Figura 25**).

A **Figura 24** mostra a passagem para a unidade sobrejacente de forma abrupta e apresenta contato irregular, formando estruturas de deformação e estruturas de corte e preenchimento que lembram pequenas ravinas, preenchidas por clastos de granulometria variada, misturados a materiais das duas unidades. Essas irregularidades e deformações estão provavelmente relacionadas à erosão da unidade 2, no momento da deposição da unidade 3.

A **Unidade 3** é formada por camada muito espessa, de aproximadamente 150 cm, fortemente alterada por hidromorfia. Em geral, a unidade apresenta material bem selecionado, com até 10% de clastos cascalhosos (até 10 mm) inseridos na matriz. Com exceção das irregularidades preenchidas por clastos na base, todo o depósito apresenta-se não-diferenciado, constituído de material argiloso e lamoso (**Figura 22**), formando estrutura maciça. No setor NO-SE da seção, a transição para a unidade sobrejacente ocorre de forma predominantemente difusa, embora em pequenas partes apresente contato abrupto (**Figura 24**). No setor NE-SO (**Figura 25**), nota-se que a unidade apresenta características diferentes. Ocorrem cores variadas (**Quadro 7**), provavelmente derivadas da oxidação nesse setor. Aparentemente, ocorre truncamento nas unidades 1 e 2 relacionado a plano de falha ou movimento de massa.

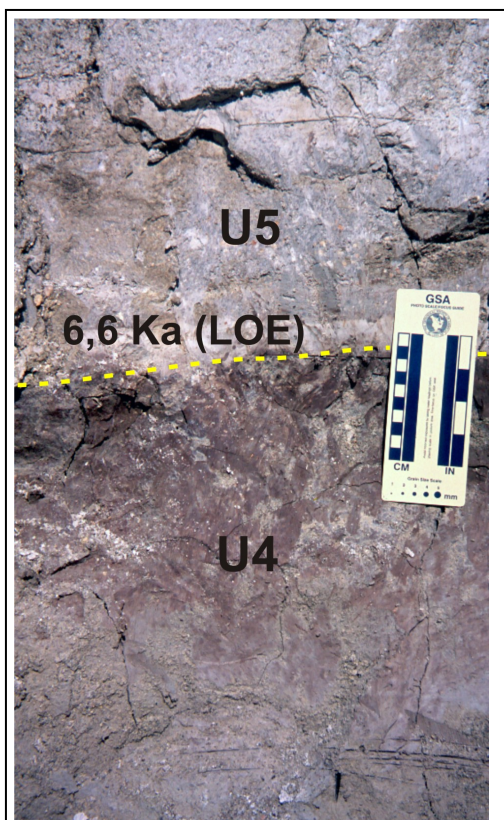


**Figura 25:** Foto do perfil estratigráfico da Seção NE-SO. Notar variação nas cores em todas as unidades (pigmentadas pela oxidação). A delimitação branca mostra o truncamento das unidades 1 e 2, possivelmente relacionado a plano de falha ou movimento de massa.

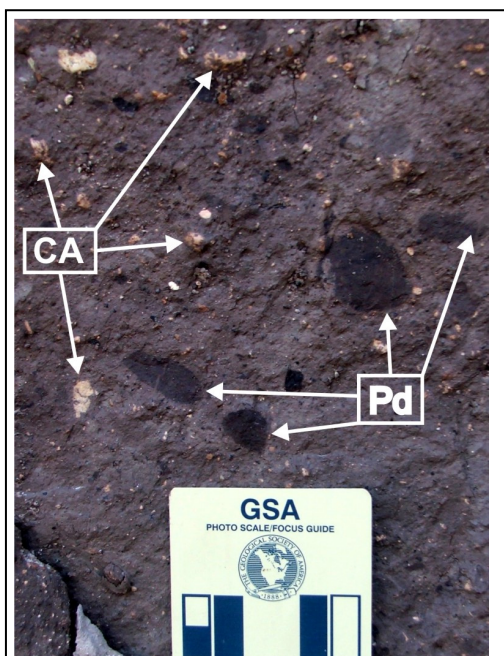
A **unidade 4** é constituída por remanescente de um paleorizonte A enterrado, truncado pela erosão. Datação estabeleceu idade de 37 Ka ( $C^{14}$ ) para este horizonte (**Figura 24**). Esta unidade apresenta aproximadamente 30 cm de espessura. É constituída de material muito bem selecionado, predominantemente fino, com apenas 2% de clastos de até 10 mm inseridos na matriz. Entre os setores NO-SE e NE-SO ocorre mudança na cor da matriz (**Quadro 7**). O contato com a unidade 5 é abrupto e marcado por micro estruturas de tração (SANT'ANA, 2005), sugerindo truncamento e formação de discordância erosiva.

Inicialmente as unidades pleistocênicas seriam analisadas microscopicamente, mas as tentativas de impregnação foram frustradas. Devido ao elevado grau de alteração dos materiais, e talvez pela grande quantidade de argilas expansivas, essas amostras “explodiam”, destruindo o registro sedimentológico e inviabilizando sua análise.





**Figura 26: Foto da transição entre as unidades 4 e 5.** Foto: Marcelo A. T. Oliveira (2002).



**Figura 27: Foto mostrando características da unidade 5 como Clastos Alterados (CA) e Pedorrelíquias (Pd).** Foto: Marcelo A. T. Oliveira (2007)

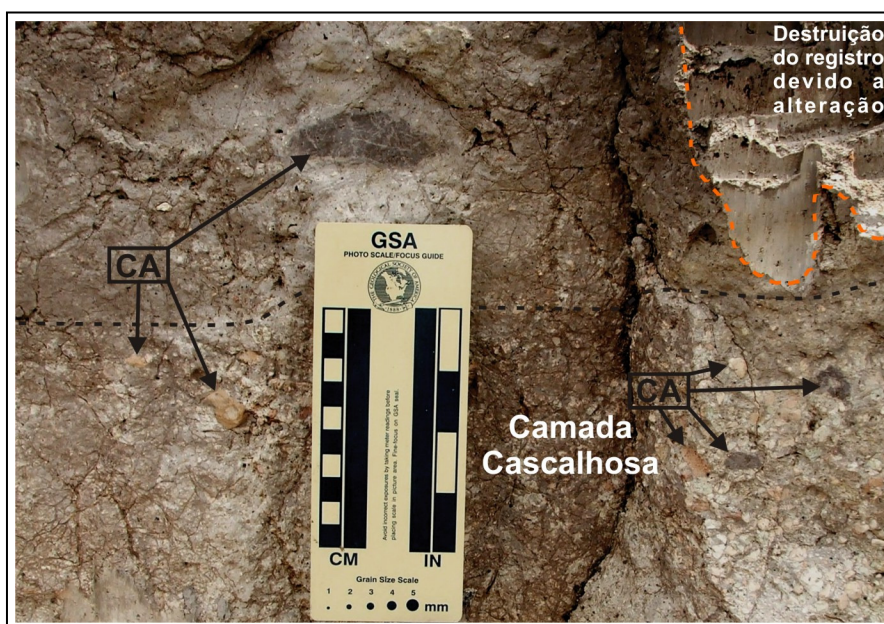
Um depósito residual de areias grossas bem selecionadas foi encontrado ao longo da discordância erosiva na base da unidade 5 (**Figura 26**). Esse depósito de areia, datado de aproximadamente 6.600 anos A.P., marca na seção o limite entre seqüência de sedimentos pleistocênicos e de sedimentos holocênicos (OLIVEIRA et al., 2008).

A **unidade 5** inicia com o truncamento da unidade 4 e a deposição de aproximadamente 75 cm de material colúvio-aluvial intemperizado, organizado em gradação normal. Na base, a unidade é constituída de camada com até 58 cm de espessura, onde ocorrem lâminas finas, principalmente arenosas. Apresenta variação granulométrica, abrangendo clastos cascalhosos de até 20 mm (**Figura 27**), com grau de seleção moderada e pobre. No topo, a unidade apresenta camada média de até 17 cm. Apresenta material mais bem selecionado, com granulometria mais fina, abrangendo clastos de até 4 mm (grânulos) (**Quadro 7**). Nota-se que de NO-SE (**Figura 19**, seções descritivas 1, 2 e 4) ocorrem diferentes porcentagens de clastos (**Quadro 7**, valores 3%, 25% ou 40% e 80%) nas duas subunidades (base e topo). Pode ser que em campo, nas partes mais baixas da topografia, devido ao elevado grau de alteração, os clastos tenham sido confundidos com a matriz. Tais características serão mais bem definidas nos resultados da análise em detalhe. A **Figura 27** mostra características da unidade 5 como



Clastos Alterados (**CA**) ou alterorrelíquias e Pedorrelíquias (**Pd**), prováveis fragmentos do Paleossolo truncado por erosão (U4), também alteradas (argilizadas).

Nas unidades 5, 6 e 7 ocorre uma mudança na cor da matriz em ambos os setores (NO-SE e NE-SO). De tons brunados (**Quadro 7 e Figura 28**) passa a tons acinzentados ou brancos (**Quadro 7 e Figura 25**). O contato entre as unidades (5, 6 e 7) e entre as subunidades é abrupto.

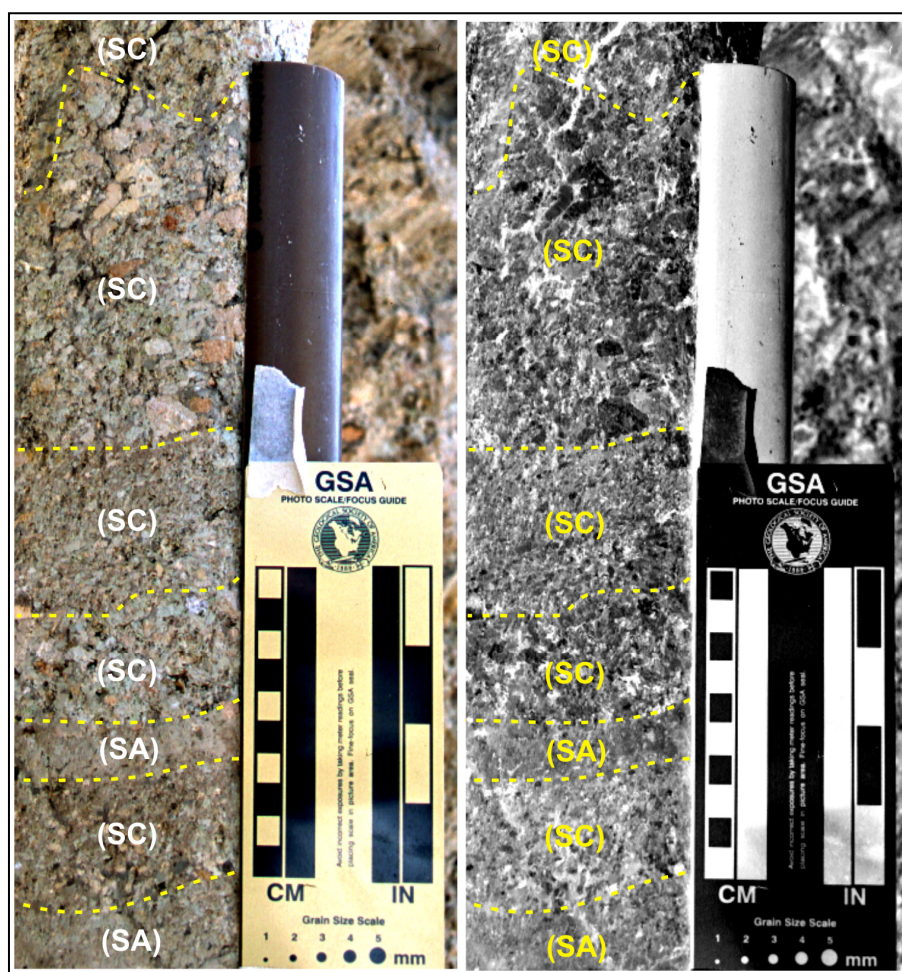


**Figura 28:** Foto da unidade 6, mostrando camada cascalhosa e clastos alterados (CA). No canto superior direito, notar o grau de alteração do material (totalmente argilizado), onde ocorreu destruição do registro sedimentológico na limpeza da seção. Tais características levaram à coleta de amostras indeformadas para análise em detalhe das características sedimentológicas.

As **unidades 6 e 7** são formadas por aproximadamente 2,65 m até 4,26 m de material colúvio-aluvial, composto por lentes de espessuras muito variadas (camadas finas e médias), formando estratificações alternadas de alterorrelíquias de cascalho, areia e lama.

Na **unidade 6**, o predomínio de frações granulométricas constitui três subunidades (**Quadro 7**): **a)** subunidades lamosas (**SL**); **b)** subunidades arenosas (**SA**); e **c)** subunidades cascalhosas (**SC**). As subunidades lamosas são predominantemente finas e muito bem selecionadas, apresentando pequena porcentagem de areia (2%). As subunidades arenosas e cascalhosas apresentam variação na porcentagem de clastos inseridos na matriz (15 a 80 e 30 a 90%, respectivamente) e no grau de seleção (bem a pobremente selecionado).

Na **unidade 7** ocorrem estratificações formadas predominantemente por subunidades arenosas e cascalhosas (**Quadro 7 e Figura 29**). As subunidades arenosas são formadas de material bem a moderadamente selecionado. Apresenta até 15% de clastos inseridos na matriz, com dimensão de até 4 mm (grânulos). Nas subunidades cascalhosas a porcentagem de clastos varia de 50 a 90%, e a dimensão granulométrica abrange clastos de até 64 mm, constituindo material muito pobremente selecionado.



**Figura 29: Testemunho coletado na unidade 7. Em detalhe, a intercalação de subunidades arenosas (SA) e cascalhosas (SC) formando estratificações.**

A **unidade 8** é formada pelo horizonte húmico atual de aproximadamente 100 cm de espessura. É constituída de material pobremente selecionado, com até 35% de clastos cascalhosos (até 10 mm) inseridos na matriz. Nessa unidade, assim como em todas as unidades da seção, foram observados grãos com grau de esfericidade variando de subangulares a arredondados.

### **9.1.1 Balanço Parcial (interpretações)**

Após a caracterização de campo das seções estratigráficas e estabelecimento da geocronologia de algumas unidades, interpretações podem ser efetuadas para a área de estudo.

Em torno de 90.000 A. P. durante o início do último estágio glacial, ocorre a deposição de camada colúvio-aluvial (unidade 1) em desconformidade erosiva sobre o manto de intemperismo local.

Posteriormente, essa camada foi enriquecida gradualmente de material orgânico, constituindo horizonte orgânico (unidade 2), durante período correlacionável ao interestádio do EIM 3 (considerado clima mais frio e mais seco do que o clima atual).

Em seguida, o depósito orgânico é provavelmente afetado por condições de degradação ambiental, que compactam e deformam a unidade. Erosão nos setores mais elevados da encosta promove sedimentação colúvio-aluvial, constituindo a unidade 3.

A partir de 37.000 A. P. ocorre período de estabilidade ambiental, quando horizonte pedológico superficial (unidade 4) se desenvolve sobre a unidade 3. Esse horizonte foi truncado, posteriormente, pela erosão.

Durante o Holoceno Médio (6,6 Ka) há indícios de agradação local através de acumulação colúvio-aluvial. Após o truncamento da unidade 4, pulsos de sedimentação geram depósitos constituídos por lentes colúvio-aluviais finamente estratificadas (unidades 5, 6 e 7). O padrão sedimentológico caracterizado por intercalação de lentes grossas e finas sugere ambiente de leque aluvial neste período.

## 9.2 ANÁLISES TEXTURAIS

A análise textural ou granulométrica permite estabelecer uma expressão quantitativa da distribuição de clastos presente no sedimento e auxilia na interpretação, tanto dos processos que atuaram durante o transporte, como dos ambientes deposicionais.

A seção estratigráfica da mina de extração de argila no Cerro do Touro é constituída de camadas sedimentares e horizontes de solo com grande variação granulométrica. No entanto, grande parte desses materiais apresenta-se muito intemperizado (argilizado), implicando a realização da análise textural de maneiras diferentes, de acordo com as características sedimentológicas e do grau de alteração (**Figura 30**). Nas unidades pleistocênicas (2, 3 e 4), por se tratar de materiais predominantemente finos e homogêneos, foi possível realizar análise granulométrica convencional, por peneiramento. Nas unidades holocênicas 5, 6 e 7, onde em campo visivelmente constituíam estratificações alternadas de cascalho, areia e lama totalmente alterados, a análise textural foi feita pela observação microscópica, por estimativa do tamanho do grão (relação grossos e finos) em amostras indeformadas.

### 9.2.1 Análise em Depósito Paludial Pleistocênico (unidade 2)

Para coleta de material de depósito paludial pleistocênico foi aberta trincheira e aproveitadas 41 amostras coletadas em anéis volumétricos de 3,8 cm de diâmetro, totalizando 160 cm de amostragem a partir do topo da unidade. A análise desenvolvida teve como objetivo diferenciar eventuais estratos na turfeira pleistocênica (unidade 2, **Figura 30**).

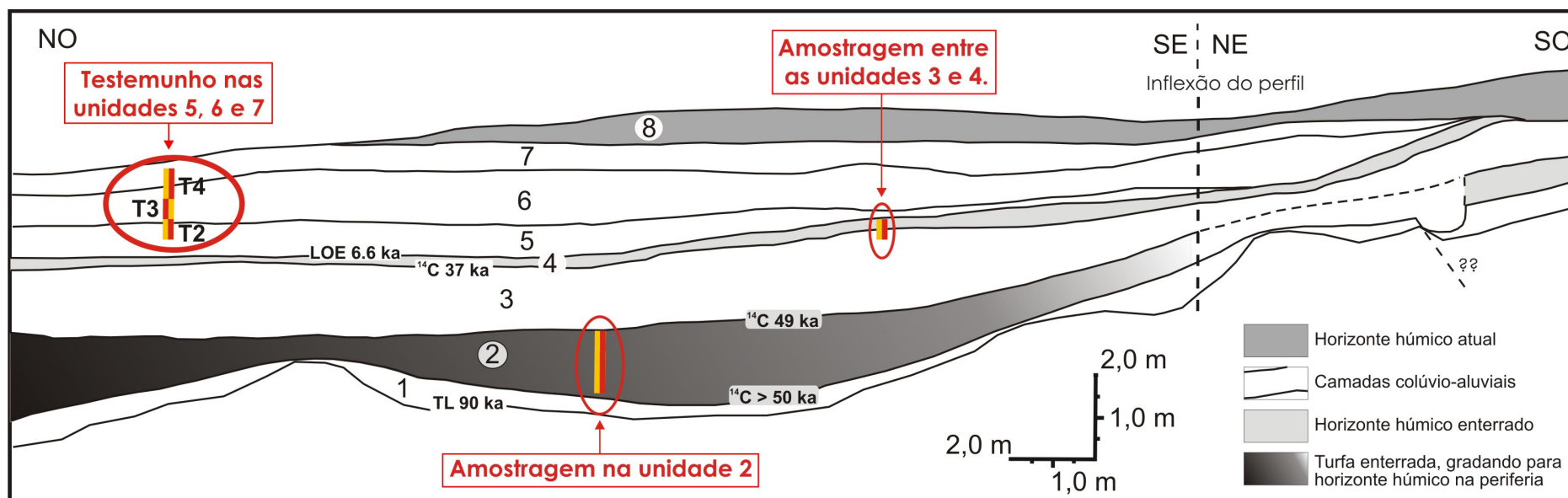


Figura 30: Representação esquemática da seção e as localizações das amostragens para as análises texturais



O resultado da distribuição dos materiais ao longo da unidade 2 sugere a ocorrência de prováveis oscilações hidrológicas no processo de acumulação do depósito. Essas oscilações podem refletir as variações granulométricas observadas (Figura 31).

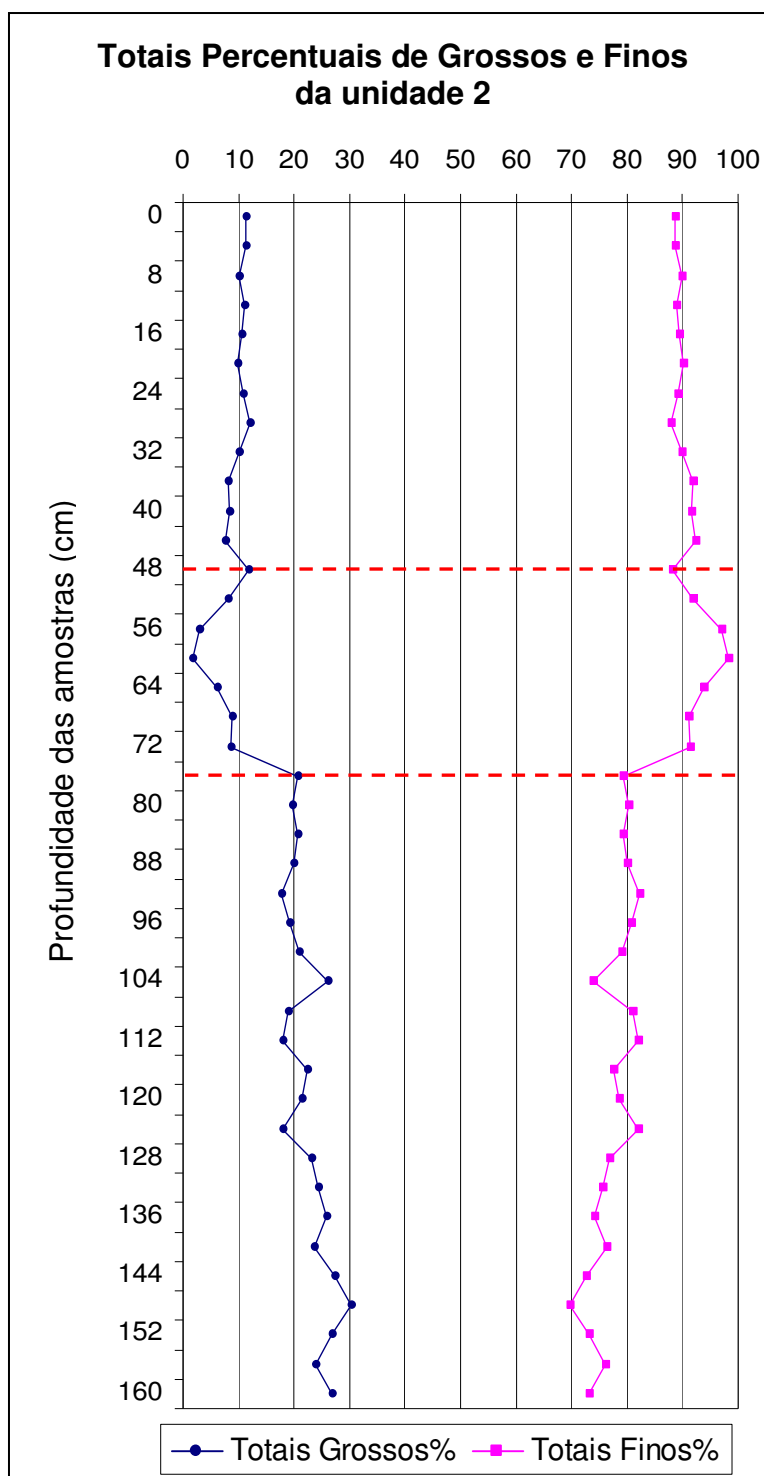
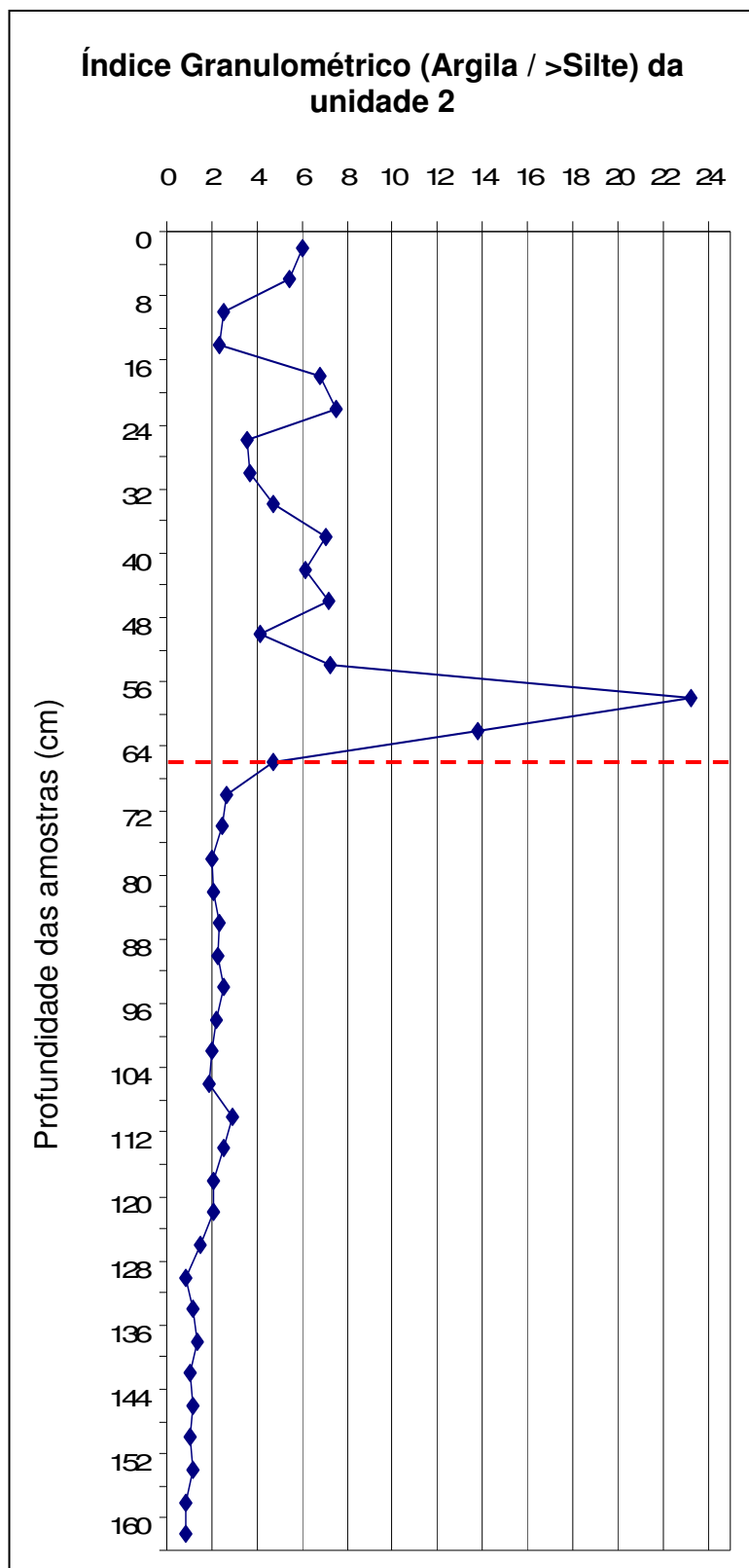


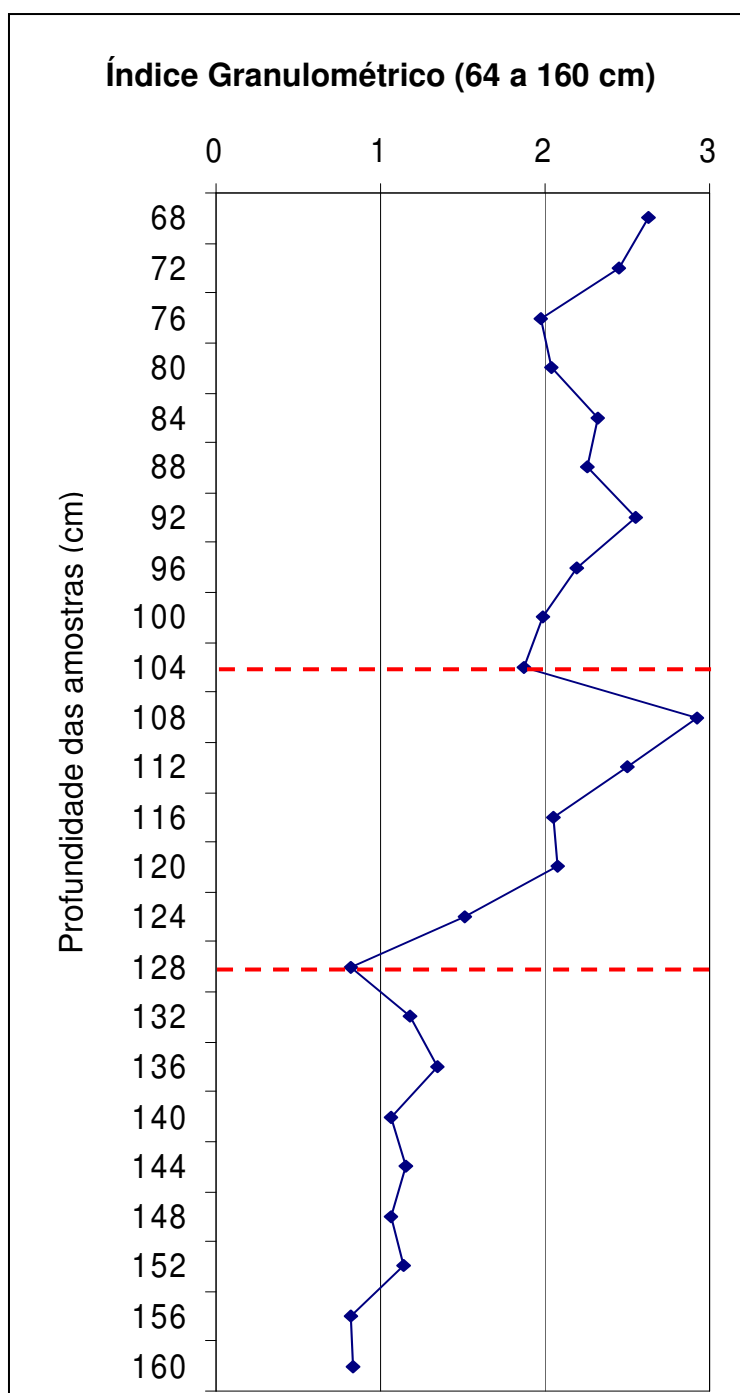
Figura 31: Distribuição granulométrica do percentual de grossos e finos da unidade 2. Notar variações que permitiram diferenciar volumes distintos nas profundidades de 0 a 48 cm, de 48 a 76 cm e de 76 a 160 cm (em vermelho).

Além dessas oscilações ressalta-se como resultado a ocorrência de dois períodos com características sedimentares distintas (**Figura 32**): na base, em profundidades maiores do que 64 cm e abaixo do topo, entre 0 e 64 cm.



**Figura 32:** Variação do índice granulométrico Argila / >Silte (argila / materiais mais grossos que silte) ao longo da unidade 2. O quociente varia da base para o topo, com valores entre 1 e 3 (entre as profundidades 160 a 68 cm), aumentando os valores a partir de 64 cm e atingindo valor muito elevado a 56 cm de profundidade. O padrão definido a partir de 48 cm é diferente do das amostras mais profundas: a amplitude da variação é maior.

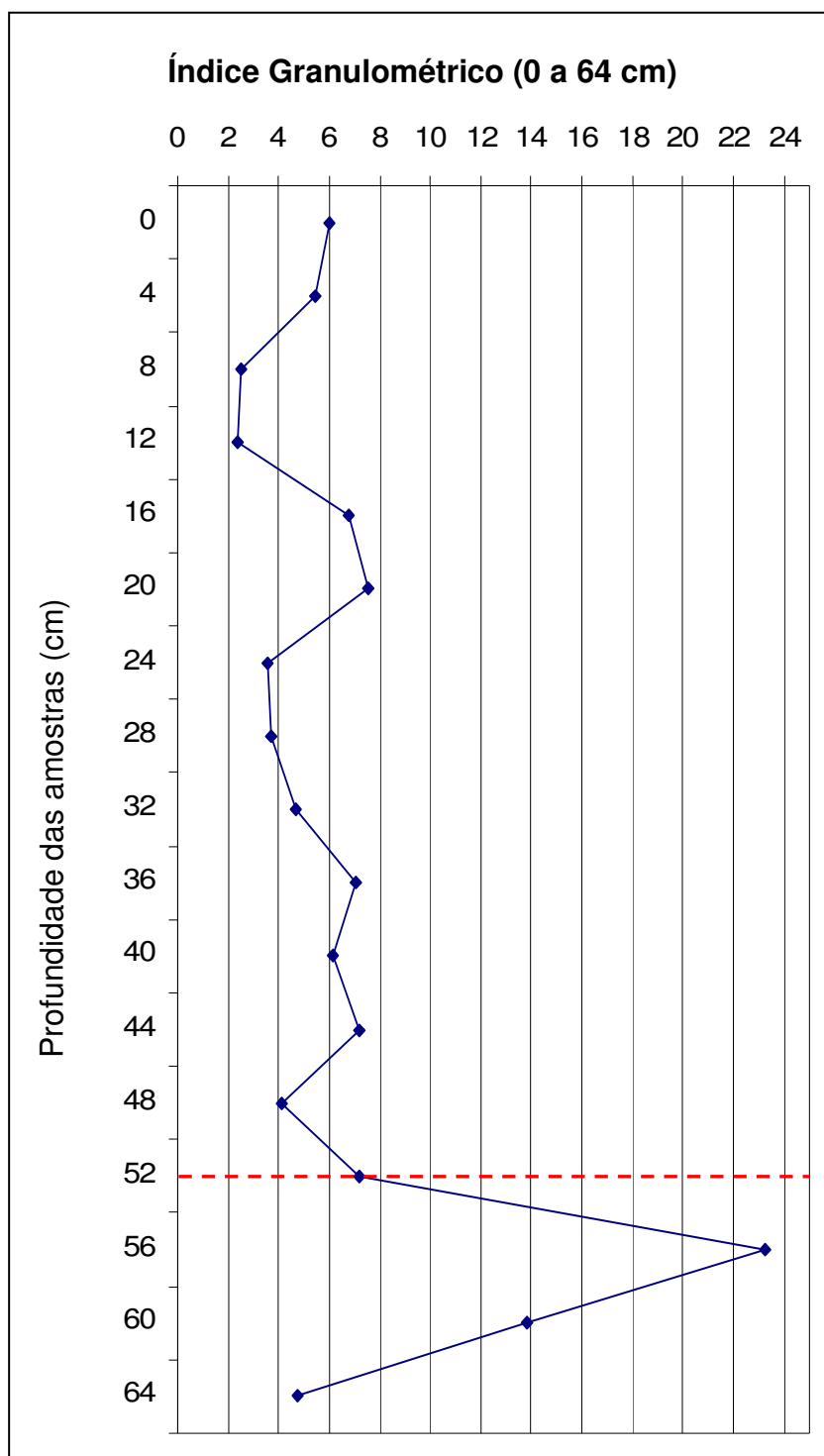
Ao ampliar o gráfico do nível da base observa-se que os materiais abaixo da profundidade de 68 centímetros do topo da turfeira apresentam três níveis distintos. O primeiro nível se estende da base da turfeira até 128 cm; o segundo nível até 104 cm, e o último nível até 68 cm. Todos os níveis se caracterizam pela tendência de materiais cada vez mais finos para o topo da seqüência (**Figura 33**).



**Figura 33: Detalhamento da variação do índice granulométrico Argila / >Silte ao longo da seqüência inferior da unidade 2. Há três padrões distintos ao longo deste nível (traços vermelhos).**

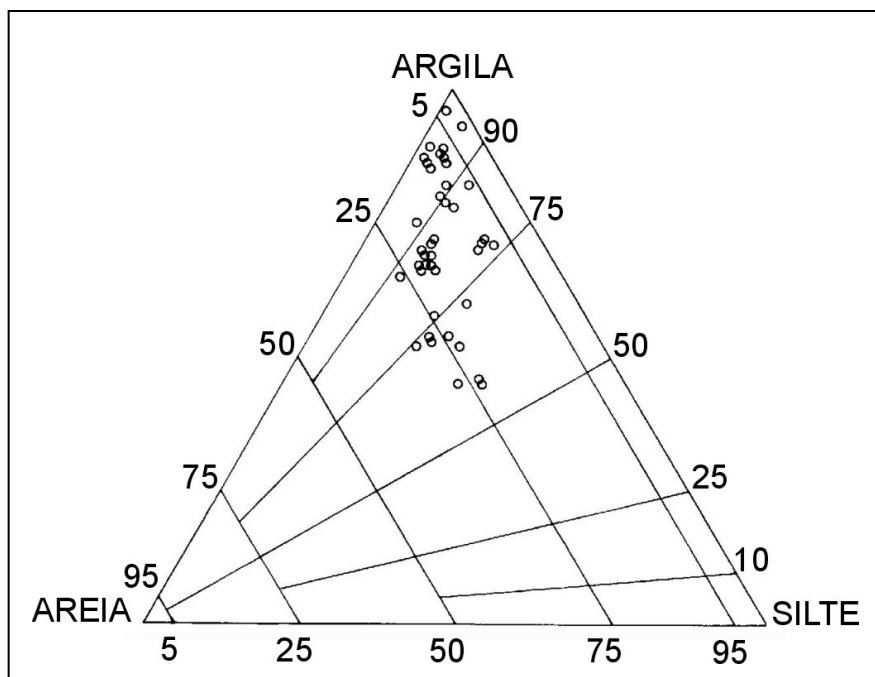


No nível do topo ocorre grande aumento no quociente entre 56 e 60 cm, indicando material muito fino. A partir de 52 cm o quociente varia entre os valores acima de 2 e próximos a 8 (**Figura 34**). Embora ocorra amplitude maior que o nível da base, os materiais são predominantemente mais finos.



**Figura 34: Detalhamento da variação do índice granulométrico Argila/>Silte ao longo da sequência superior da unidade 2.**

A plotagem das amostras no diagrama de Flemming (2000) permitiu a identificação textural das amostras da Unidade 2 (**Figura 35**). Segundo a classificação do autor, as amostras variam de lama (>95% lama), lama levemente arenosa (75 a 95% lama) e lama arenosa (50 a 75% lama).



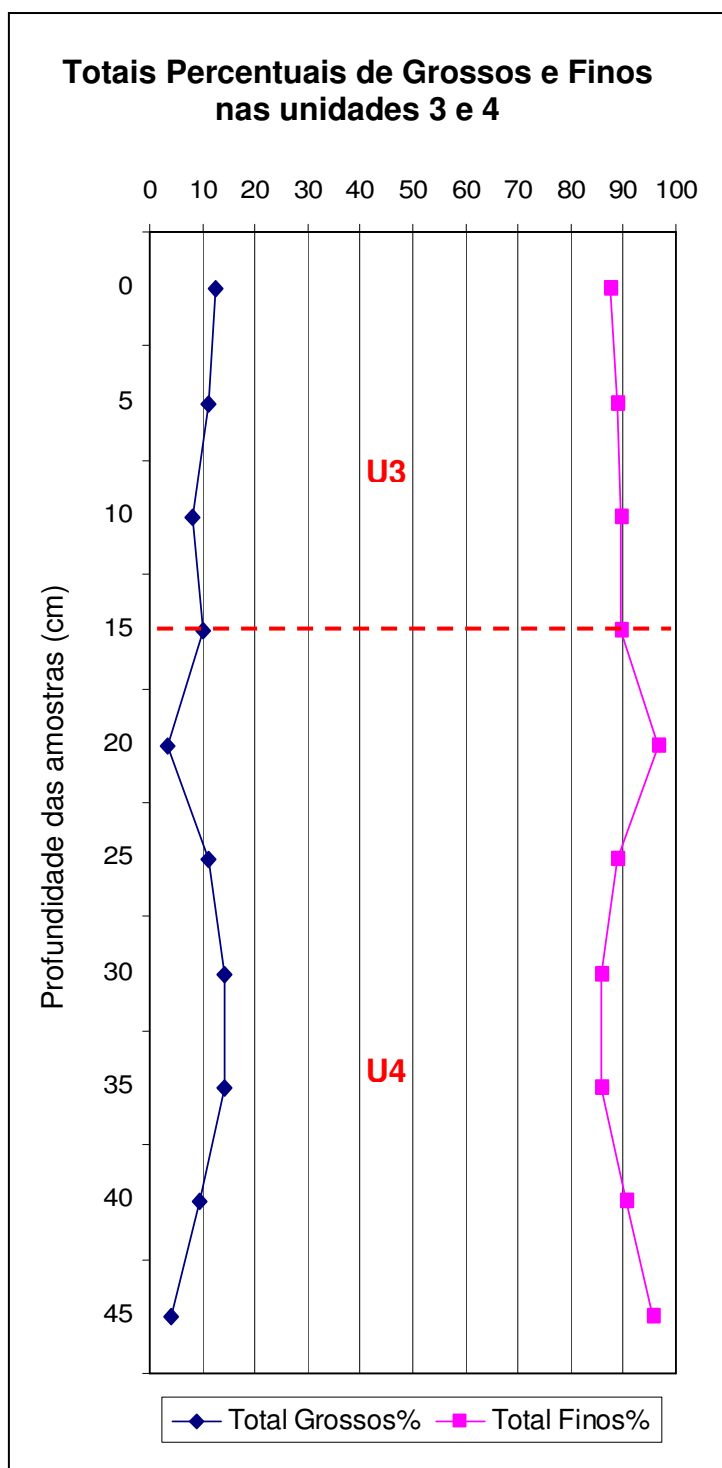
**Figura 35: Distribuição das amostras da unidade 2 no diagrama ternário de Flemming**

A distribuição das amostras em setores diferentes do diagrama auxilia, segundo Flemming (2000), na interpretação dos fluxos hidrodinâmicos, pois permite a associação dos depósitos sedimentares com a energia do agente de transporte. A aplicação do diagrama possibilitou a caracterização do ambiente deposicional. Nesse caso, observa-se que o material se situa no setor do diagrama reservado a materiais lamosos muito finos, característicos de ambientes de baixa energia (Paludial).

A datação estabelecida para a Unidade 2 (49.000 anos A. P. C<sup>14</sup>) é correlacionável ao interestádio do EIM 3 (**Figura 8**). Nesse período, verifica-se clima mais frio e mais seco do que o clima atual. Apesar disto, banhados e alagados ainda se desenvolvem na área de estudo, formando horizonte orgânico (**unidade 2, Figura 30**) associado a ambiente paludial em cabeceira de vale.

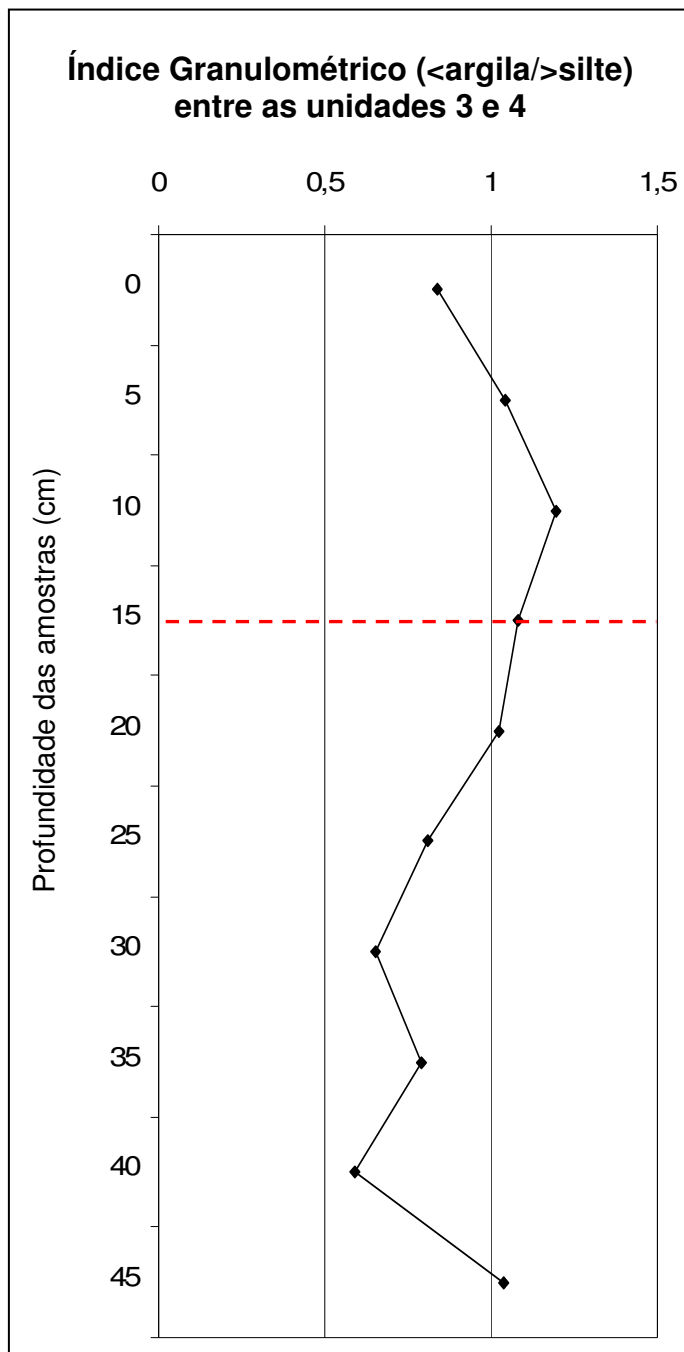
### 9.2.2 Análise entre o Horizonte Pedológico Soterrado e a Unidade 3

A coleta de amostra para análise textural foi feita a partir do topo do horizonte pedológico soterrado (unidade 4) até a unidade 3 (**Figura 30**). Foram coletadas 10 amostras, totalizando 50 cm de amostragem. A **Figura 36** apresenta o resultado da distribuição granulométrica das frações de grossos (> areia) e lama (silte e argila) entre as amostras analisadas.



**Figura 36:** Diagrama com as porcentagens totais de areia e lama das amostras das unidades 3 e 4. O traço vermelho delimita as unidades analisadas. Em ambas as unidades os percentuais dos materiais grossos variam de 5 a 15%, enquanto os dos materiais finos variam entre 55 e a 95%, ressaltando o predomínio de material lamoso (argila e silte).

O resultado apresentado na **Figura 37** demonstra variações muito pequenas implicando o predomínio de material fino (lama), tanto na unidade 3 como no horizonte pedológico soterrado (unidade 4).



**Figura 37: Variação do índice granulométrico Argila / >Silte (materiais mais finos do que argila / materiais mais grossos do que silte) nas unidades 3 e 4.**

A junção dos gráficos dos índices granulométricos das unidades 2, 3 e 4 (**Figura 38**) compara os valores dos quocientes entre as unidades. Observa-se que o índice da base da unidade 2 (de 160 a 128) é semelhante ao das unidades 3 e 4, com valores entre 0,5 e 1,0 (**Figura 39**).

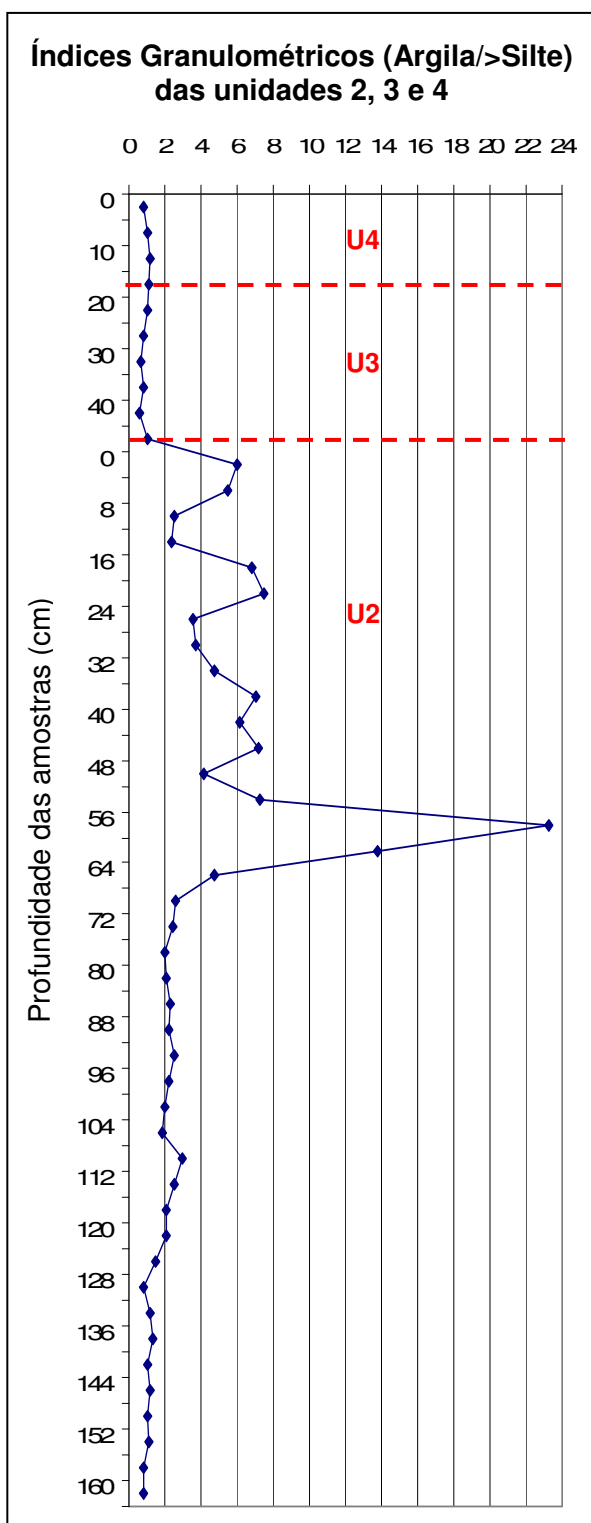


Figura 38: Gráfico dos índices granulométricos das unidades 2, 3 e 4. Traços vermelhos fazem a separação entre as unidades.

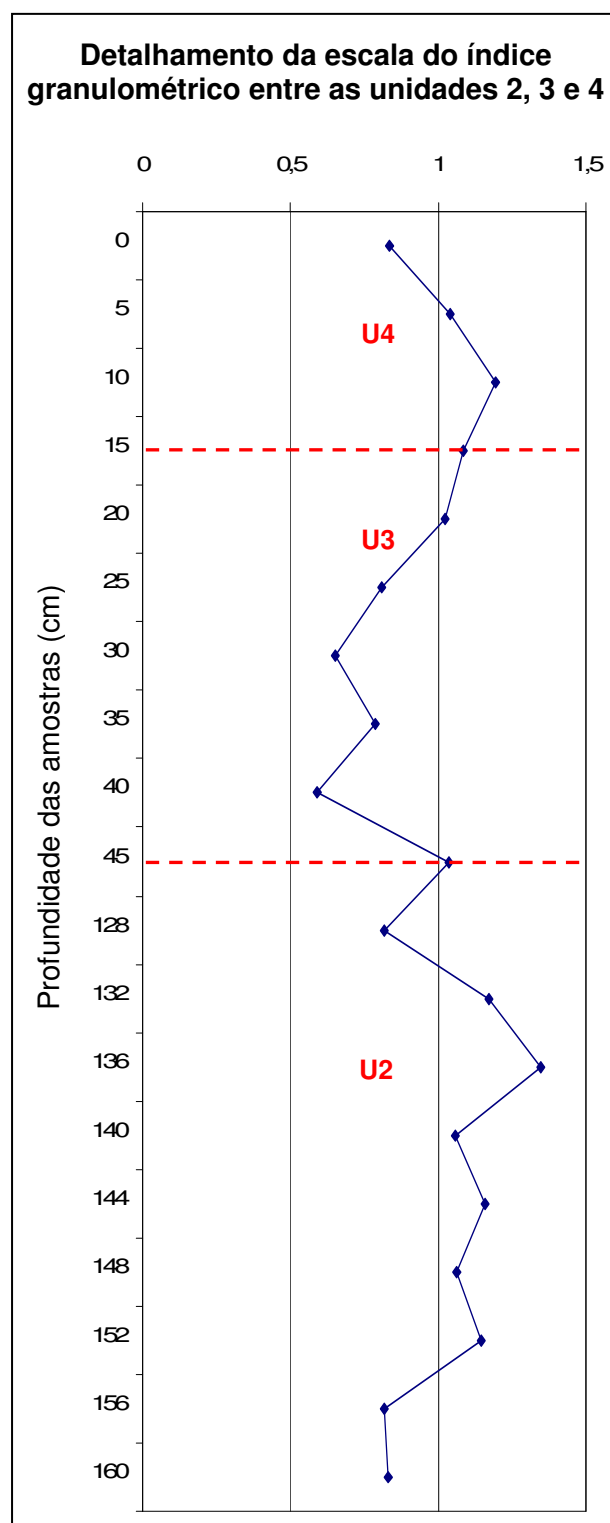
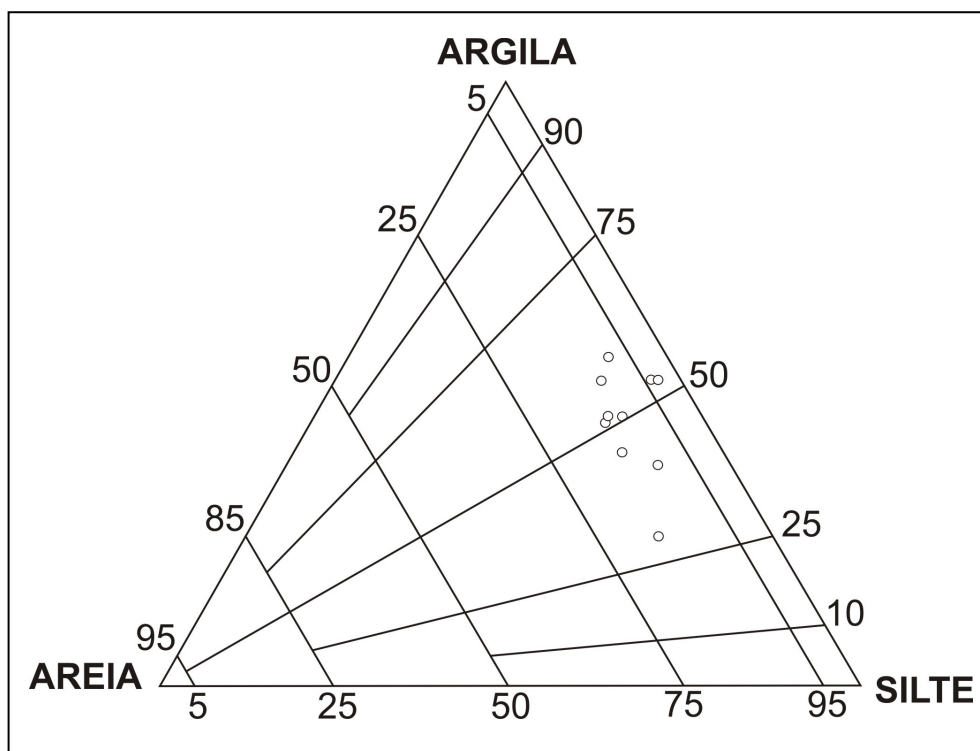


Figura 39: Gráfico com detalhamento da escala dos índices granulométricos da base da U2 e das unidades 3 e 4.

Na comparação feita (**Figura 39**), embora a variação entre os índices granulométricos seja pequena (entre 0 a 1,5), percebe-se que a base da unidade 2 apresenta tendência a material mais fino ( $>1$ ) do que a base das unidades 3 e 4. Todas, porém, são mais grossas do que a metade superior da unidade 2 (**Figura 34**).

A plotagem das amostras das unidades 3 e 4 no diagrama de Flemming (2000) permitiu a classificação dos sedimentos (**Figura 40**). Os tipos de sedimentos encontrados são: lama levemente arenosa siltosa, lama levemente arenosa argilosa (75-95% lama) e argila siltosa ( $>95\%$  lama).



**Figura 40: Resultado da plotagem das amostras analisadas no Diagrama Triangular de Flemming (2000).**

O resultado da análise textural entre as unidades 3 e 4 permitiu a identificação de sedimentos finos, predominantemente lamosos, provenientes de ambiente de baixa energia, sobre os quais houve desenvolvimento de horizonte A (unidade 4).

Em campo nota-se que o topo da unidade 2 foi compactado e deformado. Tais características sugerem condições de aggradação local, que implicaram deposição de material colúvio-aluvial (unidade 3). Talvez pelo fato de ser muito

pequeno o universo amostral aqui apresentado, não foi possível caracterizar satisfatoriamente a unidade 3; o resultado da análise granulométrica indica ambiente de baixa energia (paludial). Tal característica pode ter sido influenciada pelo grau de alteração dos materiais, que em campo apresentam-se totalmente indiferenciados e predominantemente finos. Esta unidade, em especial, necessita de maior detalhamento no futuro.

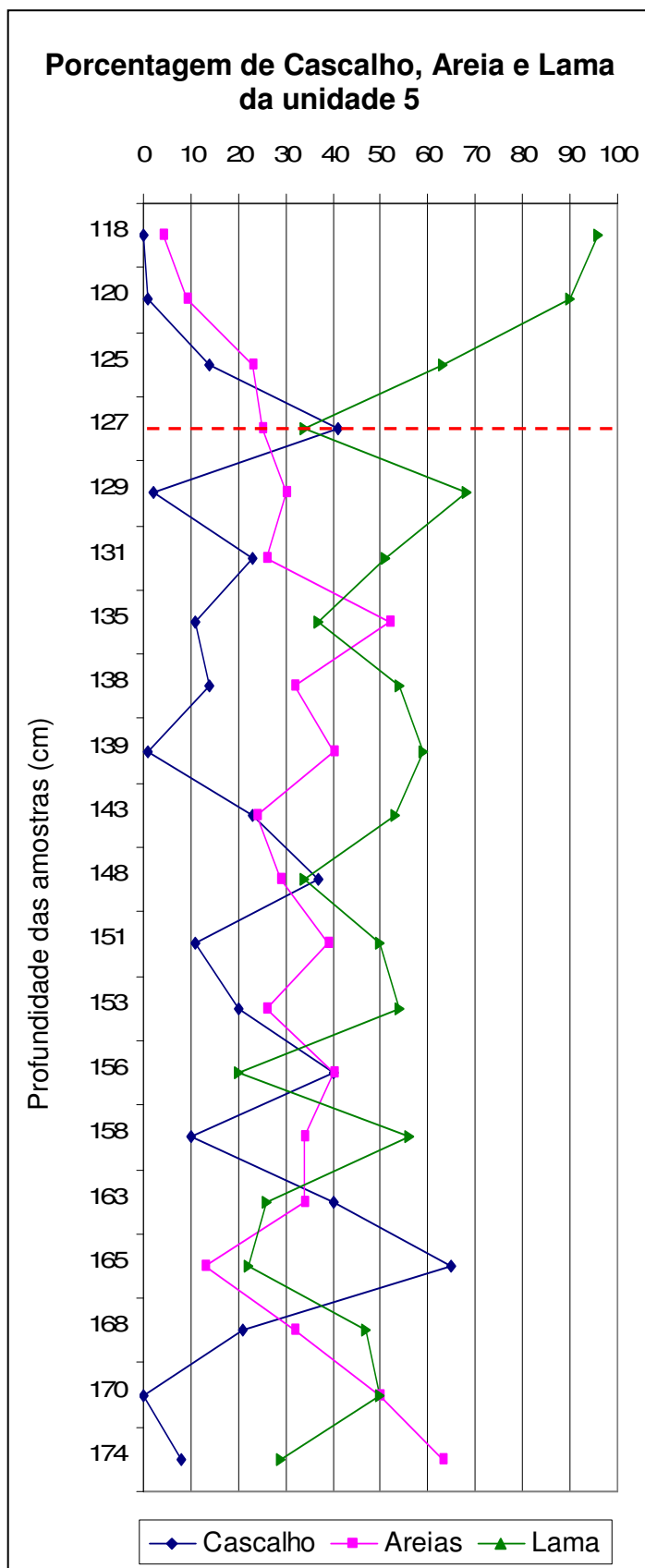
A unidade 4 indica sua formação em período de estabilidade ambiental durante o qual o horizonte pedológico superficial se desenvolve sobre a unidade 3.

### 9.2.3 Análise Textural das Unidades 5, 6 e 7

Os sedimentos que constituem a seqüência holocênica (unidades 5, 6 e 7) impõem limitações ao uso de métodos mecânicos de análise textural. A maior parte desses sedimentos é formada por clastos em estado avançado de alteração. Conseqüentemente, qualquer tratamento mecânico relacionado à análise textural os destruiria. Por este motivo, a caracterização textural aqui apresentada envolve o endurecimento artificial de amostras indeformadas, e posterior análise em lâminas delgadas

A coleta das amostras foi realizada a partir de 37 cm da base da unidade 5 (**Figura 30**). Nas unidades 5 e 6 foram coletados testemunhos de aproximadamente 50 cm e na unidade 7 foram coletados cerca de 75 cm.

Através da avaliação visual dos constituintes, pela estimativa de material fino (argila e silte) e grosso (> silte), foi possível estabelecer porcentagens de frações granulométricas contidas em cada subunidade das **unidades 5, 6 e 7**. Os gráficos a seguir, são apresentados seguindo a seqüência estratigráfica dessas unidades.

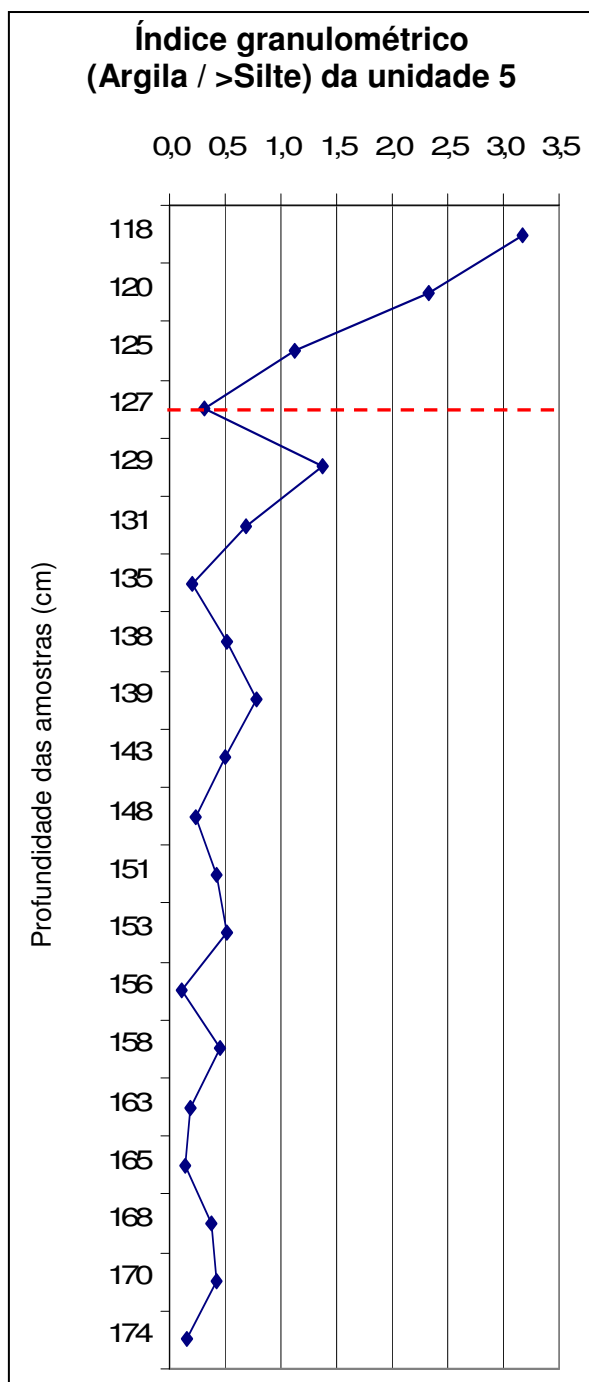


A **Figura 41** apresenta o resultado da porcentagem estimada de cascalho, areia e lama na **unidade 5**. A linha tracejada (vermelha) separa dois diferentes padrões de variação no percentual de cascalho, areia e lama. No primeiro (na base da amostragem, de 174 cm a 127 cm de profundidade) ocorre grande variação granulométrica entre as frações. A porcentagem de cascalho variou em unidades sem cascalho e unidades com até 65%. As frações de areia variaram de 17 a 63%. A porcentagem de lama variou de 20 a 96%. No segundo padrão, granodecrescente, de 127 cm a 118 cm de profundidade, ocorre aumento da fração argilosa (chegando a quase 80%) e decréscimo das frações de areia e cascalho, caracterizando unidades constituídas de material fino e marcando a transição para a **unidade 6**.

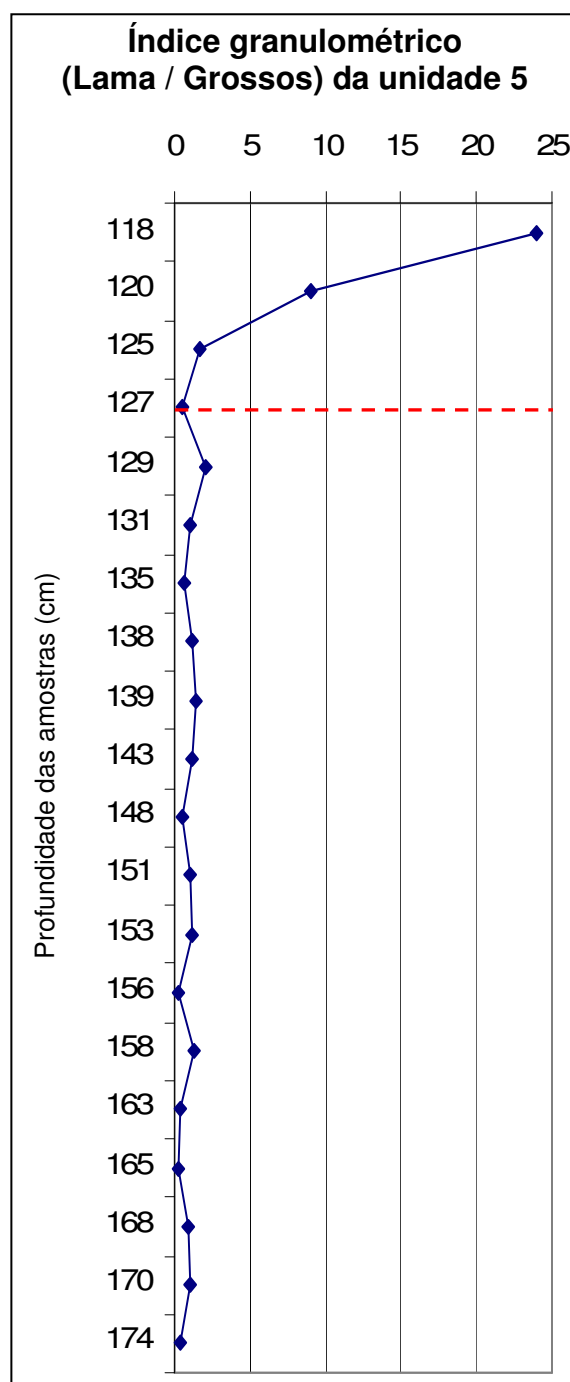
**Figura 41: Gráfico do percentual de cascalho, areia e lama (silte e argila) da unidade 5. Em vermelho, limite entre dois padrões sedimentológicos diferentes.**



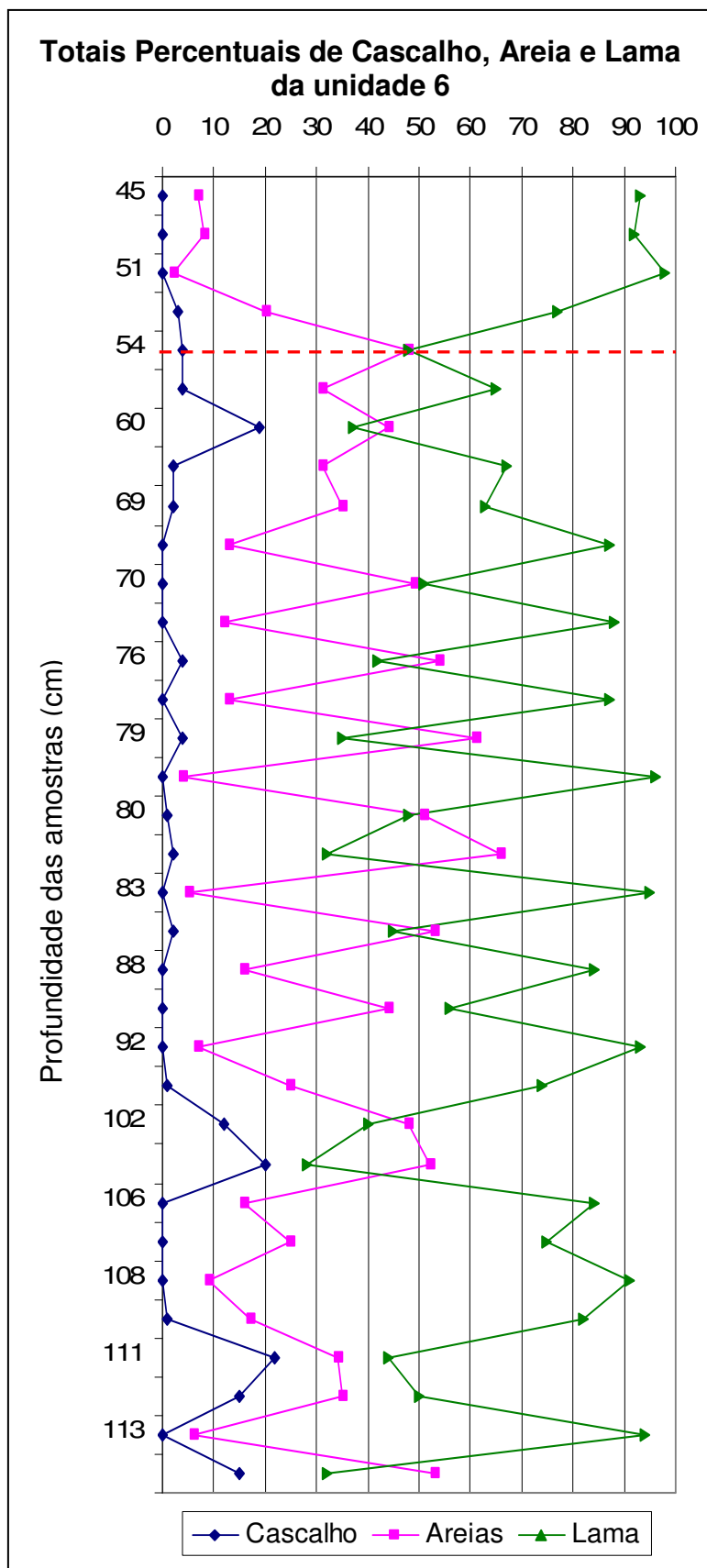
As **Figuras 42 e 43** mostram que ocorre pequena variação dos índices da base até 127 cm, sendo as unidades constituídas predominantemente de material grosso (<1). A partir de 127 cm as subunidades apresentam tendência de material cada vez mais fino (>1) em direção ao topo.



**Figura 42: Variação do índice granulométrico de argila e materiais maiores do que silte da unidade 5.**



**Figura 43: Variação do índice granulométrico de lama e grossos da unidade 5.**

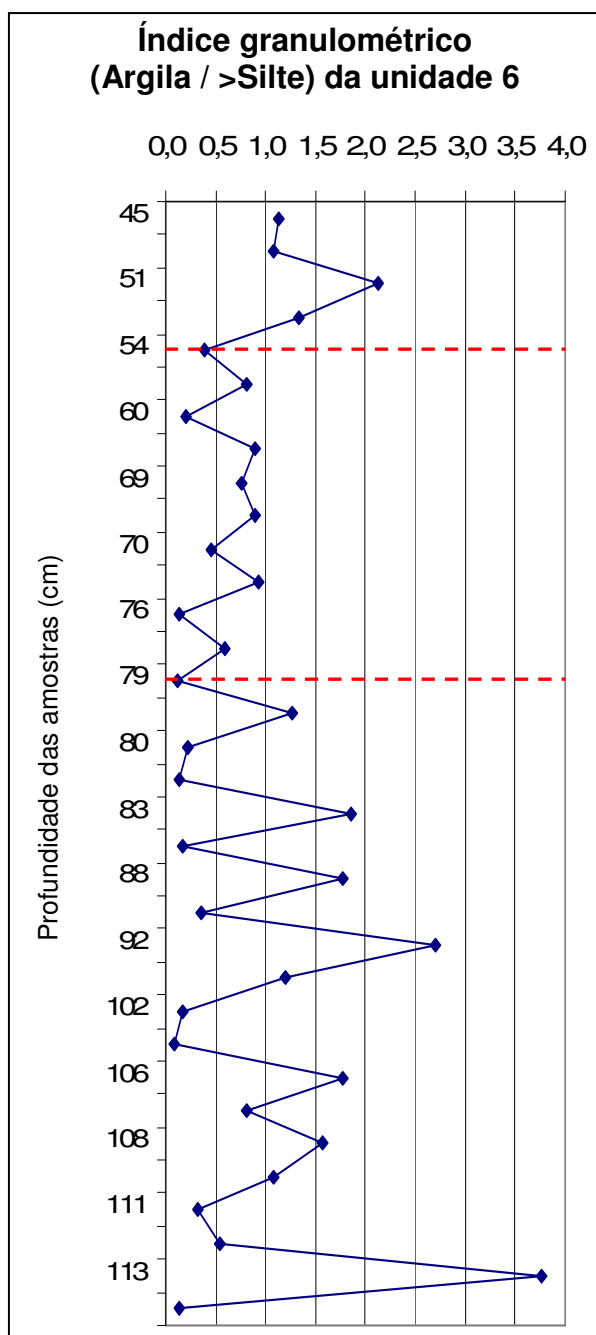


Na **unidade 6 (Figura 44)** dois padrões sedimentológicos podem ser observados. Em grande parte das unidades (de 116 cm até 54 cm) ocorre maior variação entre as frações de areia (de 2 a 68%) e lama (de 28 a 98%). A porcentagem de cascalho diminui em relação à unidade anterior, variando entre 0 a 22%.

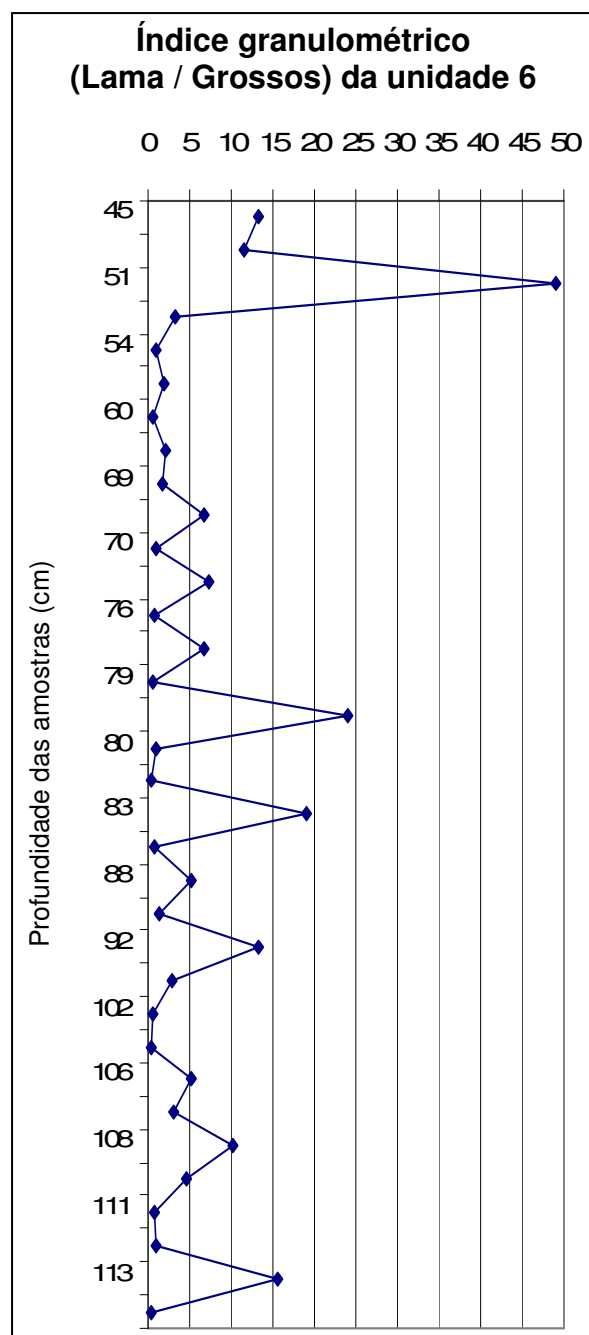
A linha tracejada (vermelha) delimita unidades acima de 54 cm onde predomina material lamoso, que caracteriza a transição entre as unidades 6 e 7.

**Figura 44: Gráficos da variação percentual de Cascalho, Areia e Lama da unidade 6.**

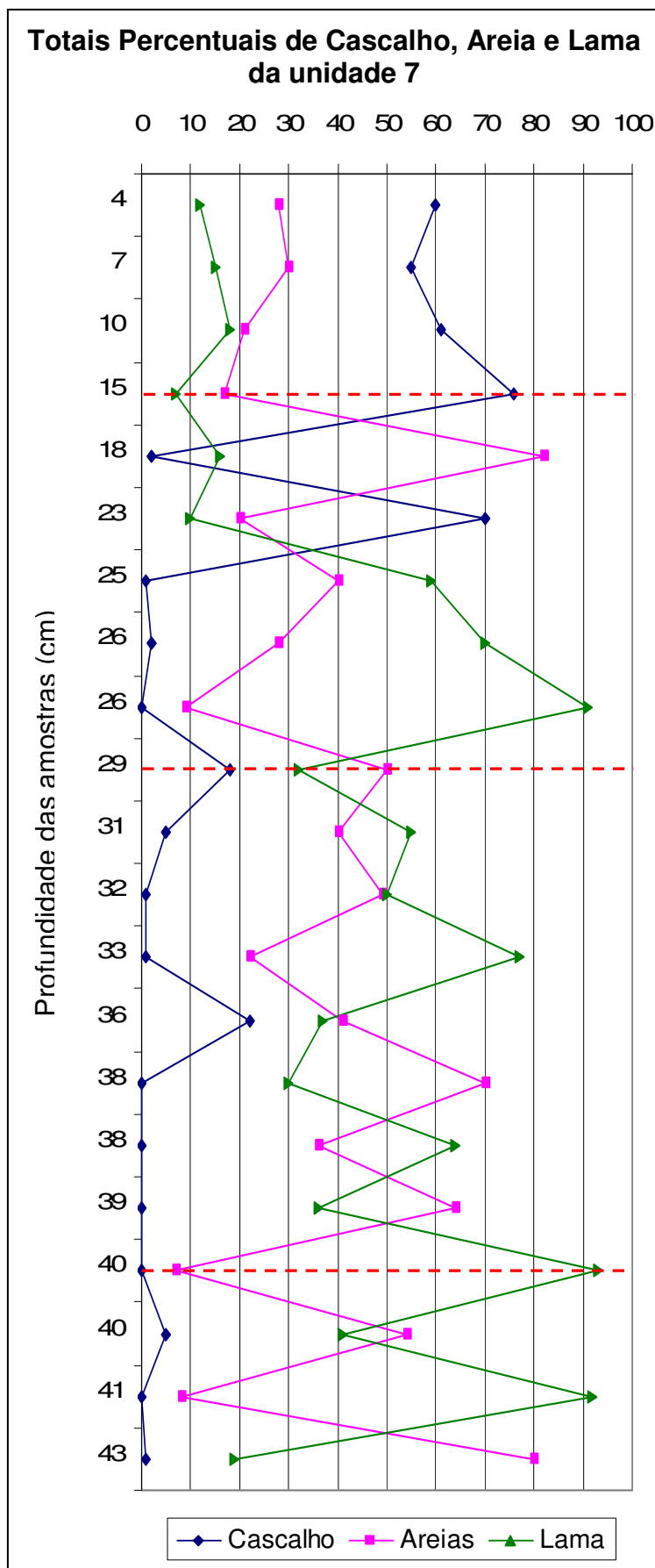
As **Figuras 45 e 46** mostram variações entre os índices granulométricos na unidade 6. Em relação à unidade 5, nota-se variação dos índices de material grosso (<1) e material fino (>1). Na **Figura 45**, três padrões sedimentológicos podem ser observados no índice (Argila/>Silte). De 116 cm até 79 cm, o quociente varia entre materiais grossos e finos. De 79 cm a 54 cm, predomina material grosso, e acima de 54 cm, ocorre tendência de material fino. No índice (Lama/Grossos), apenas as unidades com quocientes muito próximos de zero são predominantemente grossas.



**Figura 45:** Variação do índice granulométrico (Argila / >Silte) na unidade 6.



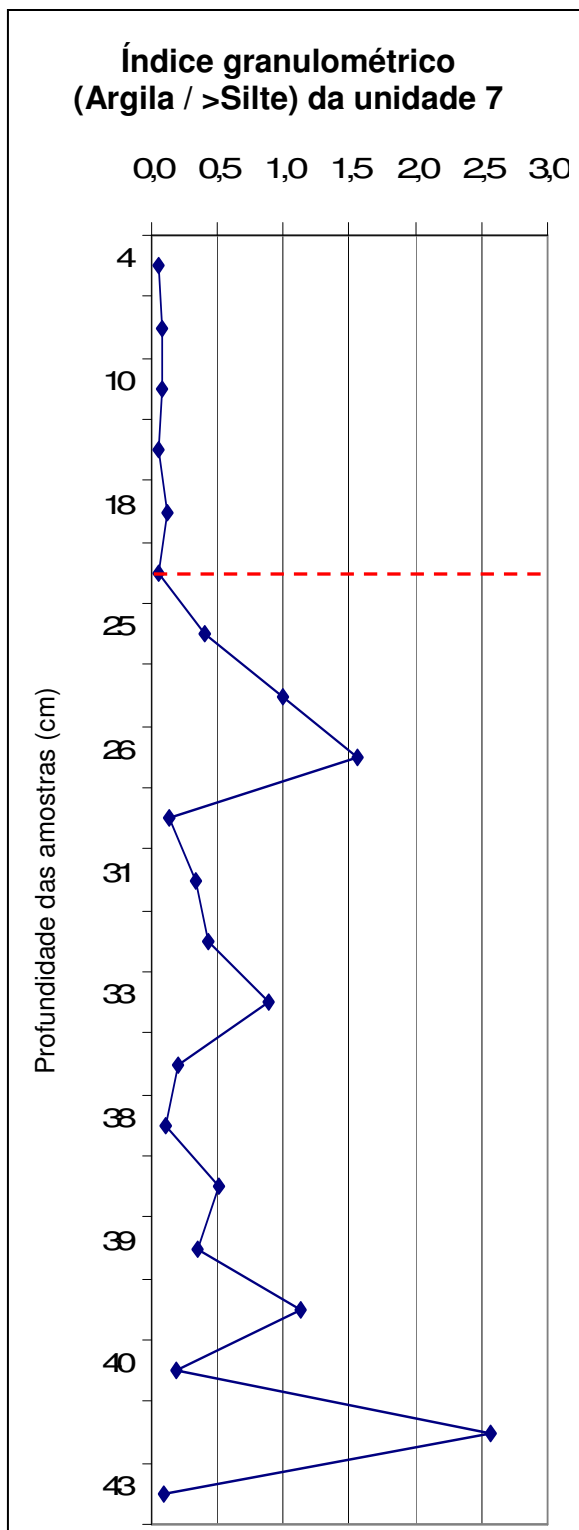
**Figura 46:** Variação do índice granulométrico (Lama / Grossos) da unidade 6.



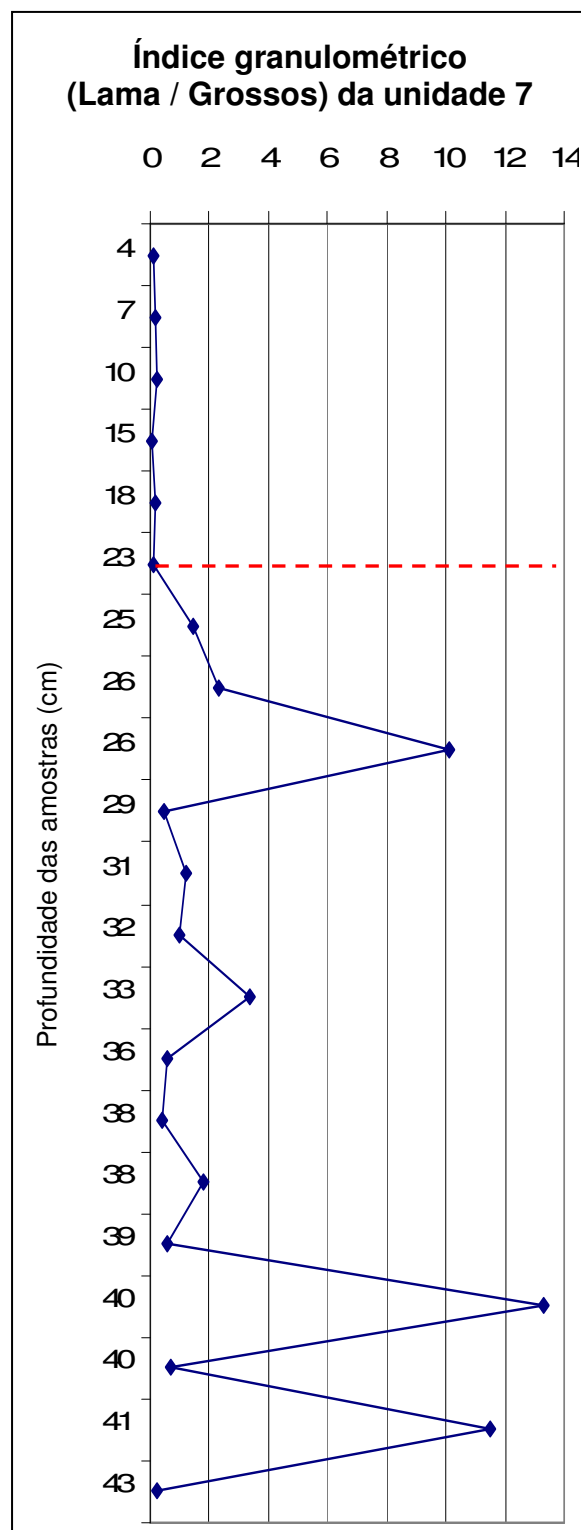
O gráfico dos totais percentuais da **unidade 7** (**Figura 47**) apresenta quatro padrões sedimentológicos diferentes. De 43 cm até 40 cm, ocorre variação entre as frações de areia (de 7 a 80%) e lama (de 19 a 93%), com pequena presença de cascalho (5%). De 40 cm a 29 cm, a amplitude de variação entre as frações de areia e lama diminui (22 a 70% e 30 a 77%, respectivamente). De 29 cm a 15 cm, ocorre variação entre as três frações, com a porcentagem de cascalho variando de 0 a 76%; de areia, de 9 a 82%; e de lama, de 7 a 91%. A partir de 15 cm, nota-se padrão diferenciado, com predomínio de material cascalhoso. Notar que picos de cascalho começam a ocorrer a partir de 25 cm.

**Figura 47: Gráficos do percentual de grossos e finos da unidade 7.**

As **Figura 48 e 49** apresentam a variação dos índices granulométricos, com o topo (acima de 23 cm) predominantemente mais grosso que as demais unidades.

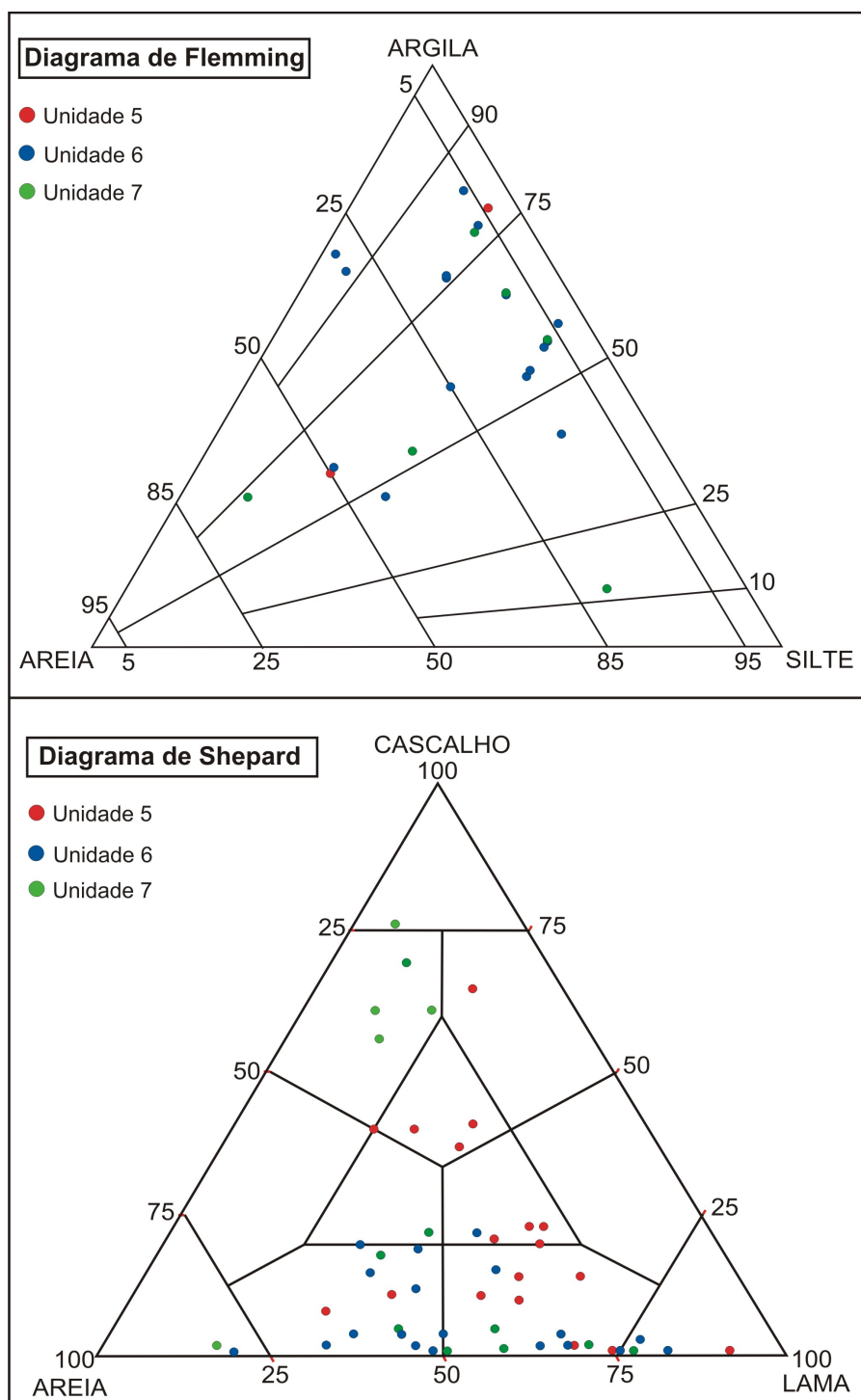


**Figura 48: Índice granulométrico (Argila/>Silte) da unidade 7.**



**Figura 49: Variação do índice granulométrico (Lama / Grossos) da unidade 7.**

Devido à variação encontrada entre as frações granulométricas, foram utilizados dois diagramas triangulares para a classificação textural. O primeiro diagrama foi de Flemming (2000) para subunidades predominantemente finas, sem cascalho. O segundo diagrama usado foi modificado de Shepard (1954) e empregado para as subunidades contendo frações cascalhosas (**Figura 50**).



**Figura 50: Plotagem das amostras das unidades 5, 6 e 7 no triângulo de Flemming (2000) e no triângulo de Shepard (1954).**

O resultado da plotagem nos diagramas dos materiais que constituem as **unidades 5, 6 e 7** apresentou grande diversificação de classes texturais. Em ambos os diagramas os materiais encontram-se plotados de maneira dispersa. As amostras acham-se dispostas em áreas diferentes do diagrama, indicando a atuação de fluxos de energia variável. O **Quadro 8** apresenta a classificação textural das subunidades e os códigos utilizados na **Figura 51**.

**Quadro 8:** Classificação textural das subunidades das unidades estratigráficas 5, 6 e 7, segundo Flemming (2000) e Shepard (1954)

| <b>Tipo de Sedimento<br/>(Flemming, 2000)</b> | <b>Classificação Textural<br/>(Flemming, 2000)</b> | <b>Código</b> | <b>Classificação Textural<br/>(Shepard, 1954)</b> | <b>Código</b> |
|---|--|---------------|---|---------------|
| Areia Lamosa<br>(25-50% lama)                 | Areia argilosa                                     | <b>AL</b>     | Cascalho arenoso                                  | <b>CA</b>     |
| Lama Arenosa<br>(50-70% lama)                 | Lama areno siltosa                                 | <b>LA1</b>    | Cascalho areno lamoso                             | <b>CAL</b>    |
|   | Lama argilo arenosa                                | <b>LA2</b>    | Cascalho lamoso                                   | <b>CL</b>     |
|   | Lama arenosa muito siltosa                         | <b>LA3</b>    | Areia cascalhosa                                  | <b>AC</b>     |
|   | Lama arenosa extremamente argilosa                 | <b>LA4</b>    | Areia cascalho lamosa                             | <b>ACL</b>    |
| Lama levemente Arenosa<br>(75-95% lama)       | Lama levemente arenosa muito siltosa               | <b>LLA1</b>   | Areia   | <b>A</b>      |
|   | Lama levemente arenosa siltosa                     | <b>LLA2</b>   | Areia lamosa                                      | <b>AL</b>     |
|   | Lama levemente arenosa argilosa                    | <b>LLA3</b>   | Lama cascalho arenosa                             | <b>LCA</b>    |
|   | Lama levemente arenosa muito argilosa              | <b>LLA4</b>   | Lama arenosa                                      | <b>LA</b>     |
| Lama<br>(>95%)                                | Argila siltosa                                     | <b>L1</b>     | Lama  | <b>L</b>      |
|   | Argila levemente siltosa                           | <b>L2</b>     |   |               |

Em avaliação visual das porcentagens dos constituintes, pela estimativa de material fino (argila) e grosso (> silte), foi possível chegar à classificação textural para cada subunidade delimitada das **unidades estratigráficas 5, 6 e 7** (**Figura 51**).



**Figura 51: Seqüência dos testemunhos (fatias) das unidades estratigráficas 5, 6 e 7. Em preto, os locais onde foram feitas as lâminas delgadas, e em amarelo pontilhado a delimitação de subunidades. Os códigos em branco correspondem à classificação textural de acordo com Flemming (2000) e em amarelo a classificação de Shepard (1954) (ver quadro 7).**



O detalhamento textural permitiu caracterizar as unidades da seqüência holocênica (unidades 5, 6 e 7). Na unidade 5 observa-se a intercalação de sedimentos constituídos predominantemente de cascalho, areia e lama. Na unidade 6 nota-se diminuição do tamanho dos grãos, a classificação textural apresenta predomínio de subunidades lamosas e arenosas. Na unidade 7 a textura dos materiais indica aumento na granulometria da base (lamosa e arenosa) ao topo da unidade (cascalhosa).

O resultado acima descrito favoreceu o detalhamento do ambiente de sedimentação em cada unidade estratigráfica da seqüência holocênica. O padrão alternante de eventuais subunidades grossas e finas, observados nas unidades 5, 6 e 7, sugere variação hidrológica, típica de leques aluviais.

A partir do Holoceno médio, observam-se variações no regime hidrológico através de escoamentos com diferentes intensidades (energia). Inicialmente, nota-se que após a erosão do paleossolo (unidade 4) fluxos densos, provavelmente relacionados a chuvas concentradas em ambiente seco, formam a unidade 5 (constituída texturalmente de sedimentos cascalhosos e arenosos). Em seguida, a diminuição da intensidade do escoamento constitui a unidade 6 texturalmente mais fina (lamosa e arenosa). Por último, ocorre progressivamente aumento da intensidade do escoamento, pela deposição de sedimentos predominantemente grossos.

Ambientes de leques aluviais geralmente são correlacionados a períodos secos, com chuvas concentradas que geram fluxos de alta energia, constituindo principalmente depósitos cascalhosos. Nesses ambientes, o padrão sedimentológico com intercalação de finos e grossos geralmente é correlacionado a variação do regime hidrológico em áreas de vertente exposta e com pouca vegetação. Esse parece ser o caso das unidades holocênicas analisadas.

#### **9.2.4 Balanço Parcial da Análise Textural**

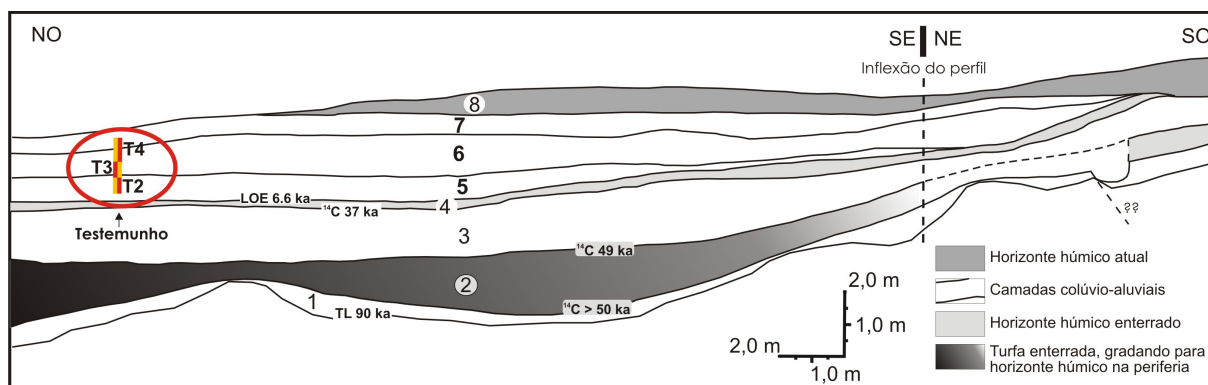
As análises texturais aplicadas na seqüência Pleistocênica (unidades 2, 3 e 4) e na seqüência Holocênica (unidades 5, 6 e 7) permitiram a distinção e a caracterização dos materiais que as compõem. Na seqüência Pleistocênica prevalecem materiais texturalmente finos (lamosos), enriquecidos de argila, característicos de ambientes de baixa energia, propício à formação de depósito paludial (unidade 2). Na seqüência holocênica, as camadas colúvio-aluviais foram constituídas por intercalação entre subunidades texturalmente grossas e finas, tornando necessária a utilização de dois diagramas diferentes. Em ambos os diagramas foram identificadas várias classes texturais, configurando fluxos de energia variável em condições de agradação local.

As unidades 5, 6 e 7, definidas em campo como camadas colúvio-aluviais, são compostas por materiais detríticos e heterogêneos gerados por fluxos de energia variável, sobretudo difusos. Datação de areias preservadas ao longo da descontinuidade erosiva sugere que o truncamento da unidade 4 ocorreu no Holoceno Médio. Após esse evento, pulsos de sedimentação geram depósitos (unidades 5, 6 e 7) que provavelmente foram criados sob o efeito de pulsos de escoamento superficial, característicos de ambiente de leque aluvial.

O resultado da análise textural permitiu caracterizar as unidades estratigráficas da seqüência pleistocênica e holocênica, com hipóteses do ambiente de sedimentação coerentes com as descrições de campo, reforçando a interpretação inicial. O Pleistoceno local teria sido caracterizado por fluxos de baixa energia, que se tornaram mais eficientes durante o Holoceno médio, em ambiente de clima contrastado, pelo menos com duas estações bem definidas.

### 9.3 ANÁLISE DE ESTRUTURAS SEDIMENTARES EM TESTEMUNHOS HOLOCÊNICOS

Este trabalho tem como objetivo compreender os processos deposicionais ocorridos nas seções estratigráficas expostas na mina de extração de argila no Cerro do Touro. Levando em consideração o grau de alteração dos materiais, a proposta inicial era analisar macro e microscopicamente a seqüência Pleistocênica (unidades 1 a 4) e a seqüência Holocênica (unidades 5 a 7). No entanto, somente os testemunhos holocênicos foram analisados e serão enfocados aqui. As demais amostras foram perdidas durante o processo de preparo. Esta etapa do trabalho refere-se à descrição das características texturais e das estruturas sedimentares encontradas nos testemunhos coletados nas unidades estratigráficas 5, 6 e 7 (**Figura 52**). Devido ao elevado grau de alteração dos materiais, tal processo foi realizado após a impregnação das amostras, quando cortadas em tabletes (**Figura 53**).



**Figura 52: Representação esquemática das características litológicas da seção estratigráfica e a localização da coleta de amostras para análise.** Fonte: Modificado de Oliveira et al., 2006.

Na **Figura 53**, ilustra-se a seqüência de amostras dos testemunhos (**T2**, **T3** e **T4**), suas subdivisões (**A**, **B**, **C** e **D**) e as principais subunidades sedimentares observadas, após a impregnação. Esta análise foi realizada com a finalidade de identificar as estruturas que ocorrem de acordo com sua seqüência deposicional. Ao todo foram identificadas seqüencialmente 75 subunidades sedimentares (**S**) nas amostras analisadas.



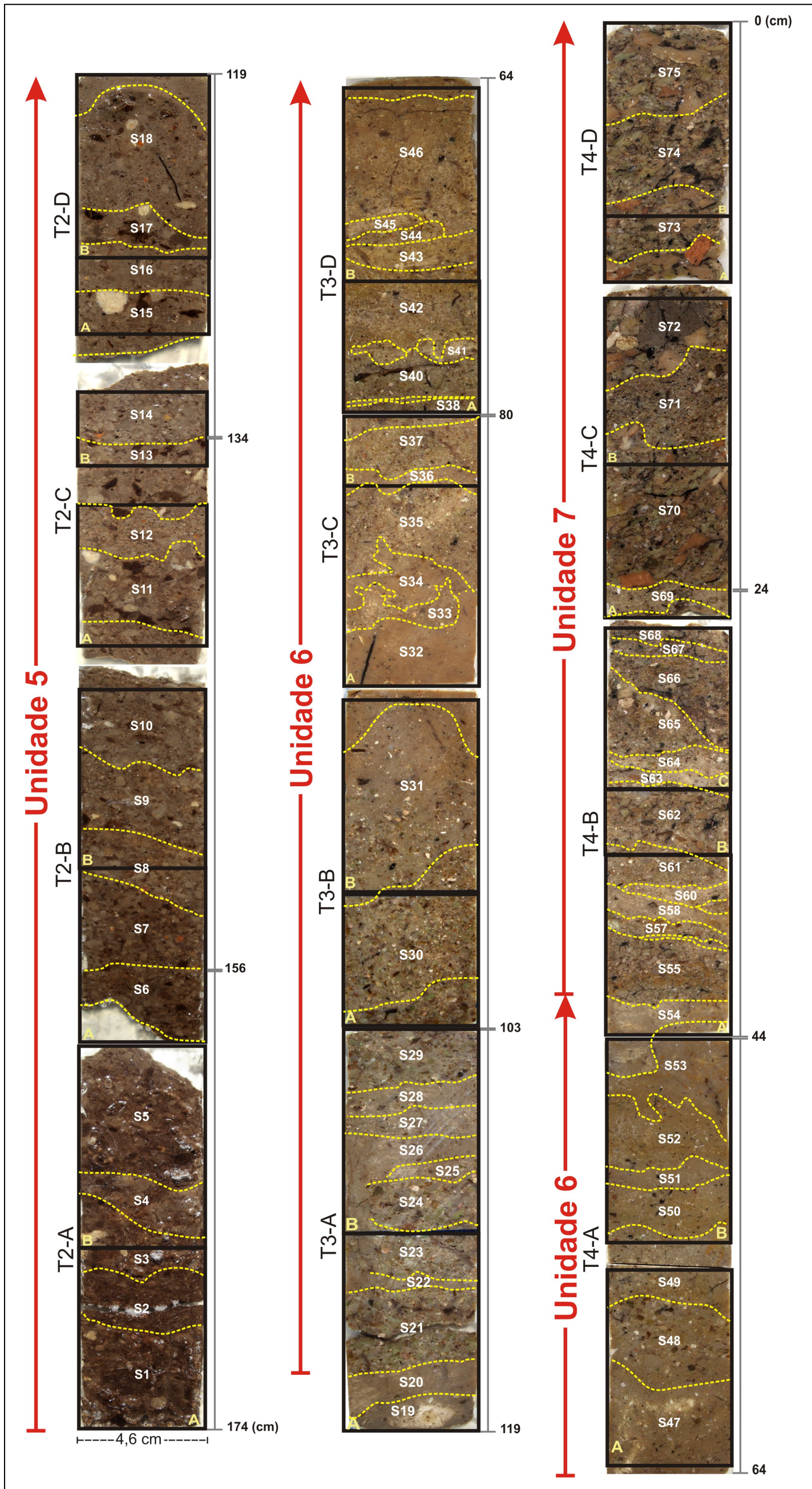


Figura 53: Seqüência de fatias dos testemunhos coletados nas unidades estratigráficas 5, 6 e 7. Notar a localização das lâminas analisadas (retângulos pretos) e divisões das subunidades sedimentares (S1 a S75).

### 9.3.1 Análise Macroscópica da Unidade 5:

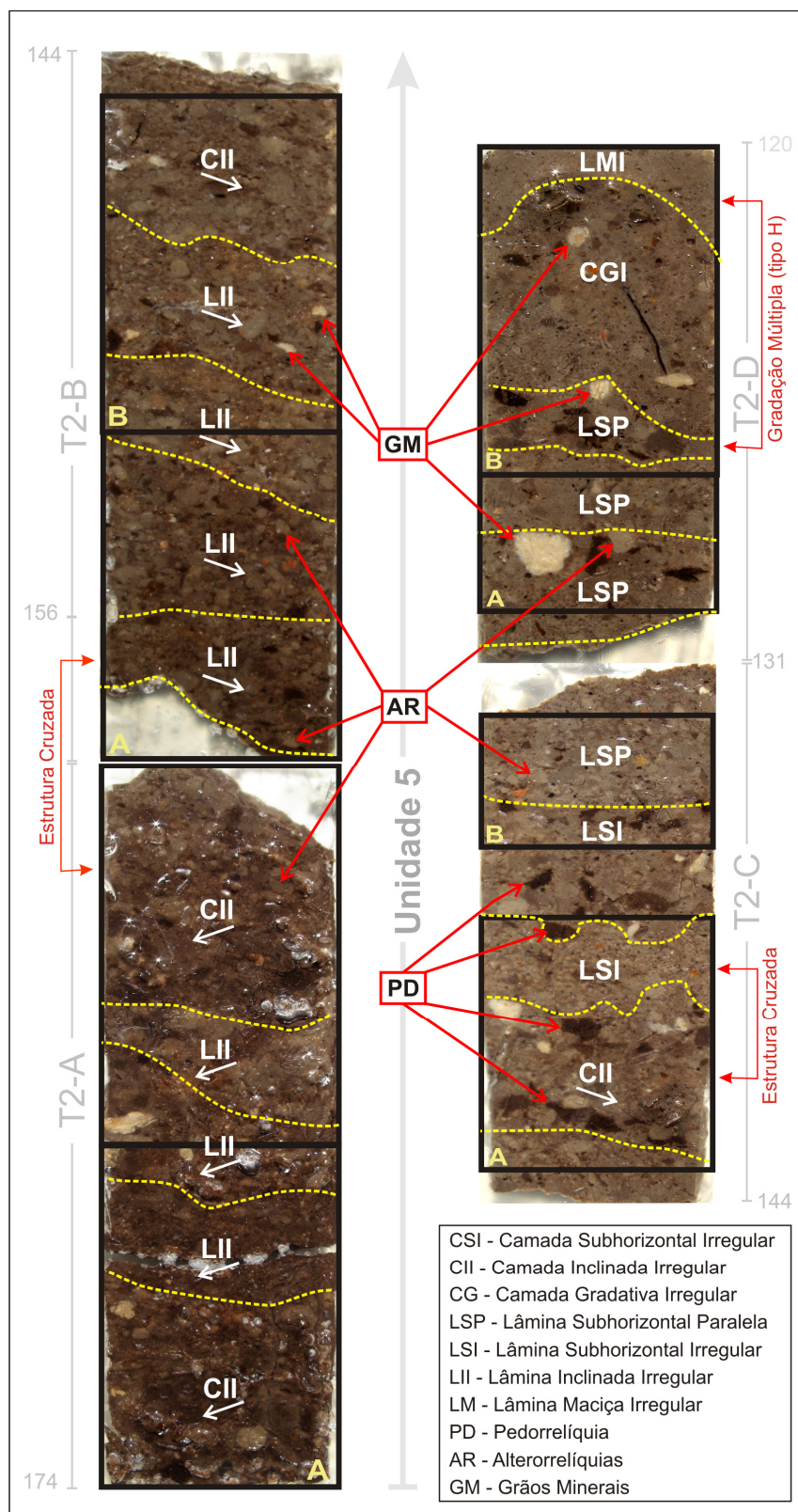
De acordo com as características observadas em campo (**Figura 52**), a **unidade 5** é formada por aproximadamente 75 cm de material colúvio-aluvial intemperizado, organizado em gradação normal. Na base, ocorre camada espessa com até 58 cm de espessura, com clastos cascalhosos de até 20 mm. Nessa camada ocorrem lâminas finas constituídas de areia, utilizadas para datação (LOE 6,6 Ka). O topo é formado por camada média de até 17 cm, constituída de material mais bem selecionado (clastos de até 4 mm).

O testemunho nessa unidade foi coletado a partir de 38 cm acima da base (**Figura 52**) e está dividido em 4 partes: **T2-A**; **T2-B**; **T2-C** e **T2-D** (**Figura 53**). A análise macroscópica de amostras impregnadas permitiu identificar 20 subunidades sedimentares e constatou como principais características: material com granulometria grossa, de tonalidade predominantemente escura (cores brunadas) e clastos muito alterados. Em geral, parece que o tamanho dos clastos vai decrescendo gradativamente para o topo.

Como se pode notar na **Figura 54**, entre as amostras T2-A e T2-B predominam pedorrelíquias alteradas (**PD**), prováveis fragmentos de paleossolo da unidade 4, de cor bruno-escuro (7,5YR 3/2), misturadas à matriz de cor brunada (7,5YR 4/2) e a alterorrelíquias (**AR**) de cor cinzento-escuro (7,5YR 4/1) e bruno-acinzentado (2,5Y 5/2). Da base para o topo, entre as amostras T2-A e T2-D, ocorre diminuição da frequência de pedorrelíquia e mudança na cor da matriz, tornando-se mais clara (bruno-amarelado-claro - 10YR 6/4), favorecendo a identificação das alterorrelíquias. Nas amostras da base (T2-A e T2-B) as pedorrelíquias são preponderantes; nas amostras do topo (T2-C e T2-D) aparecem isoladas e bem distintas. Em geral, foram observadas laminações inclinadas e subhorizontais formando por vezes estruturas cruzadas e gradação múltipla.

A **Figura 54** apresenta a classificação das estruturas sedimentares observadas na unidade 5. As setas (brancas) indicam a imbricação da fábrica clástica (imbricações para direita ou esquerda, correspondem, respectivamente, à inclinação das unidades para SE ou NO da seção estratigráfica, exposta aproximadamente perpendicular a principal direção de fluxo).





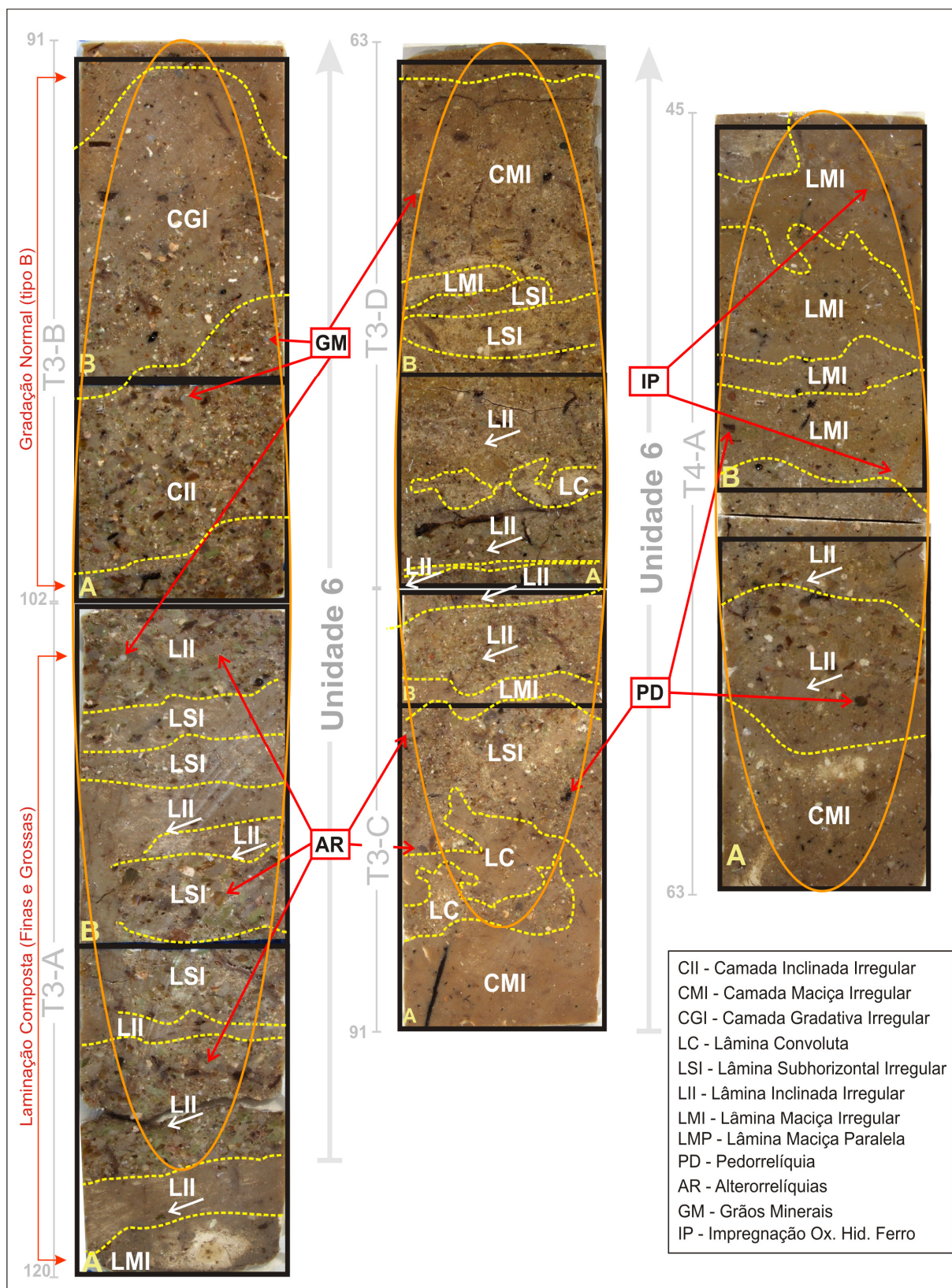
**Figura 54: Classificação das estruturas sedimentares da unidade 5. As setas brancas indicam a orientação da petrofábrica com caimento aparente mergulhando para dentro da página. As linhas amarelas mostram os contatos entre as subunidades. Notar a indicação dos materiais como: pedorrelíquias (PD), alterorrelíquias (AR) e grãos minerais (GM) sem alteração.**

### 9.3.2 Análise Macroscópica da Unidade 6

Em campo, a **unidade 6** é constituída de material finamente estratificado, composto por lentes alternadas de alterorrelíquias de cascalho, areia e lama. O testemunho coletado nessa camada foi dividido em: **T3-A, T3-B, T3-C, T3-D e T4-A** (**Figura 53**).

A análise macroscópica realizada permitiu identificar 34 subunidades sedimentares. Em geral as amostras são caracterizadas pela alternância de material fino e grosso, pelo aumento da concentração de alterorrelíquias e pela diminuição do tamanho dos clastos em relação à unidade 5.

Foram identificados três padrões sedimentológicos diferentes (**Figura 55** circunferência laranja): **o primeiro, entre as amostras T3-A e T3-B**, tem aproximadamente 30 cm de espessura, apresenta alternância entre subunidades finas e grossas formando laminações compostas, inclinadas, subhorizontais, cruzadas e gradação normal com pobre separação indicando gradual diminuição da capacidade e competência do fluxo sedimentológico. **O segundo padrão, entre as amostras T3-C e T3-D**, tem cerca de 20 cm de espessura, é caracterizado por material de textura mais fina do que o padrão precedente, onde ocorrem intercalações entre subunidades finas e arenosas. Em geral foram observadas laminações compostas, inclinadas, subhorizontais, maciças e convolutas. **O terceiro padrão, na amostra T4-A**, tem quase 18 cm de espessura, apresenta como principal característica matriz aberta, com grãos de cascalho mais esparsos. Torna-se evidente a impregnação de subunidades por óxidos e hidróxidos de ferro (**IP**). Ocorrem laminações inclinadas e maciças.



**Figura 55: Classificação de estruturas sedimentares da unidade 6. Notar a identificação de pedorrelíquias (PD), alterorrelíquias (AR), grãos minerais (GM) e impregnações (tons alaranjados) de óxidos e hidróxidos de ferro (IP) nas subunidades. As circunferências separam três diferentes padrões sedimentológicos.**



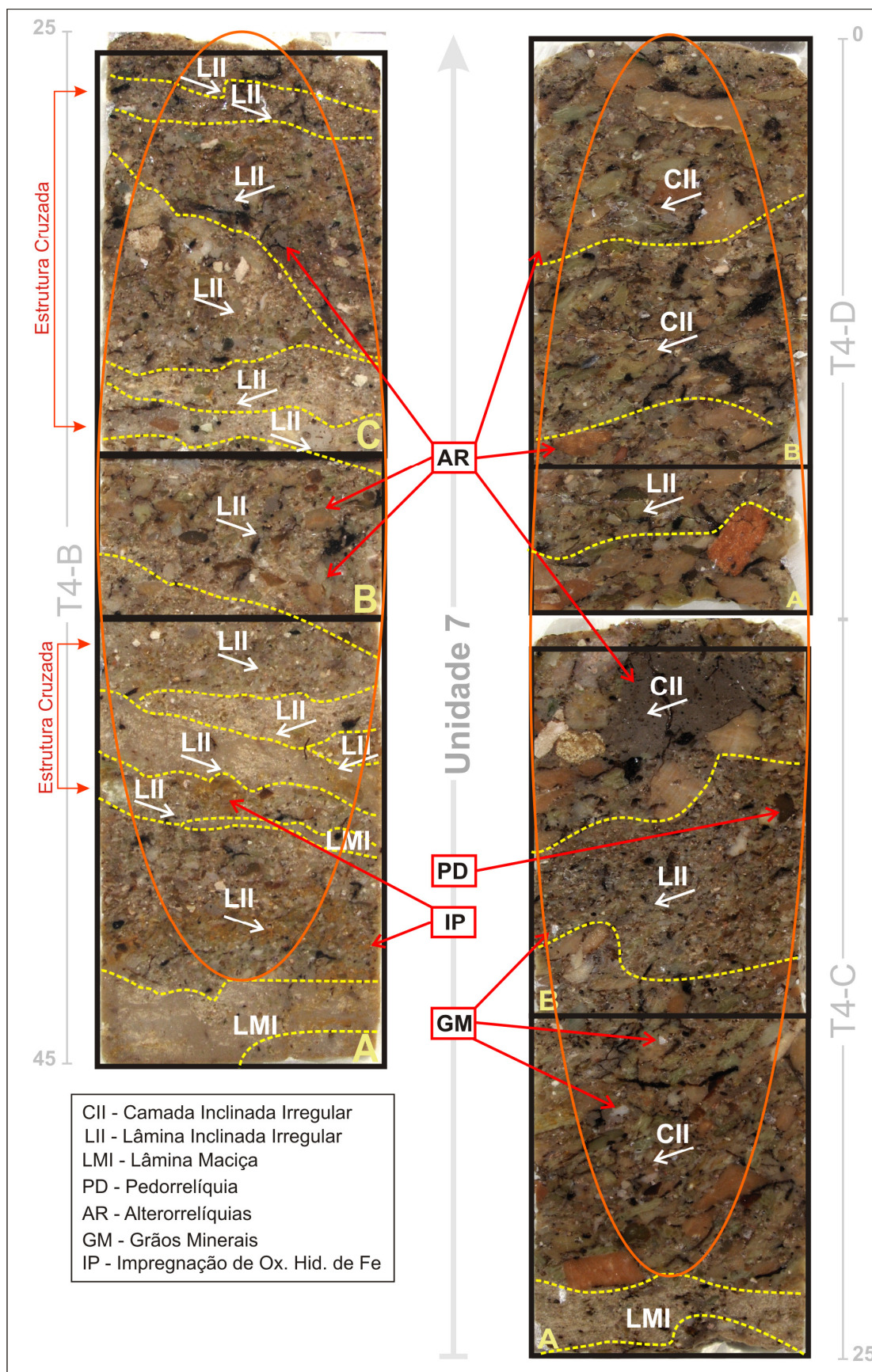
### 9.3.3 Análise Macroscópica da Unidade 7

A **unidade 7** é composta por lentes alternadas de alterorrelíquias de cascalho, areia e lama. O testemunho coletado está dividido em: **T4-C** e **T4-D** (**Figura 56**).

A análise macroscópica permitiu a constatação de 21 subunidades sedimentares. Em conjunto são caracterizadas por subunidades constituídas de pedorrelíquias, alterorrelíquias e grãos minerais com dimensões muito variadas. Em todas as amostras a matriz apresenta cor bruno-acinzentado (10YR5/2) e ocorre contato abrupto entre as subunidades.

Foram observados dois padrões sedimentológicos: **o primeiro, na amostra T4-B**, com aproximadamente 16 cm de espessura, apresenta alternância entre subunidades finas, arenosas e cascalhosas. Esse padrão sedimentológico demonstra características de transição entre as unidades 6 e 7 (mistura de material de ambas). Ocorrem laminações inclinadas e subhorizontais, maciças e convolutas. **O segundo, entre as amostras T4-C e T4-D**, apresenta como principal característica a ocorrência de laminações maciças, inclinadas e cruzadas, constituídas predominantemente de cascalho.

No primeiro padrão, a petrofábrica indica imbricação, tanto para a SE (direita), quanto para NO (esquerda) da seção, sugerindo variação na direção do fluxo sedimentológico. No segundo padrão observa-se que predomina caimento da fábrica clástica para NO (esquerda).

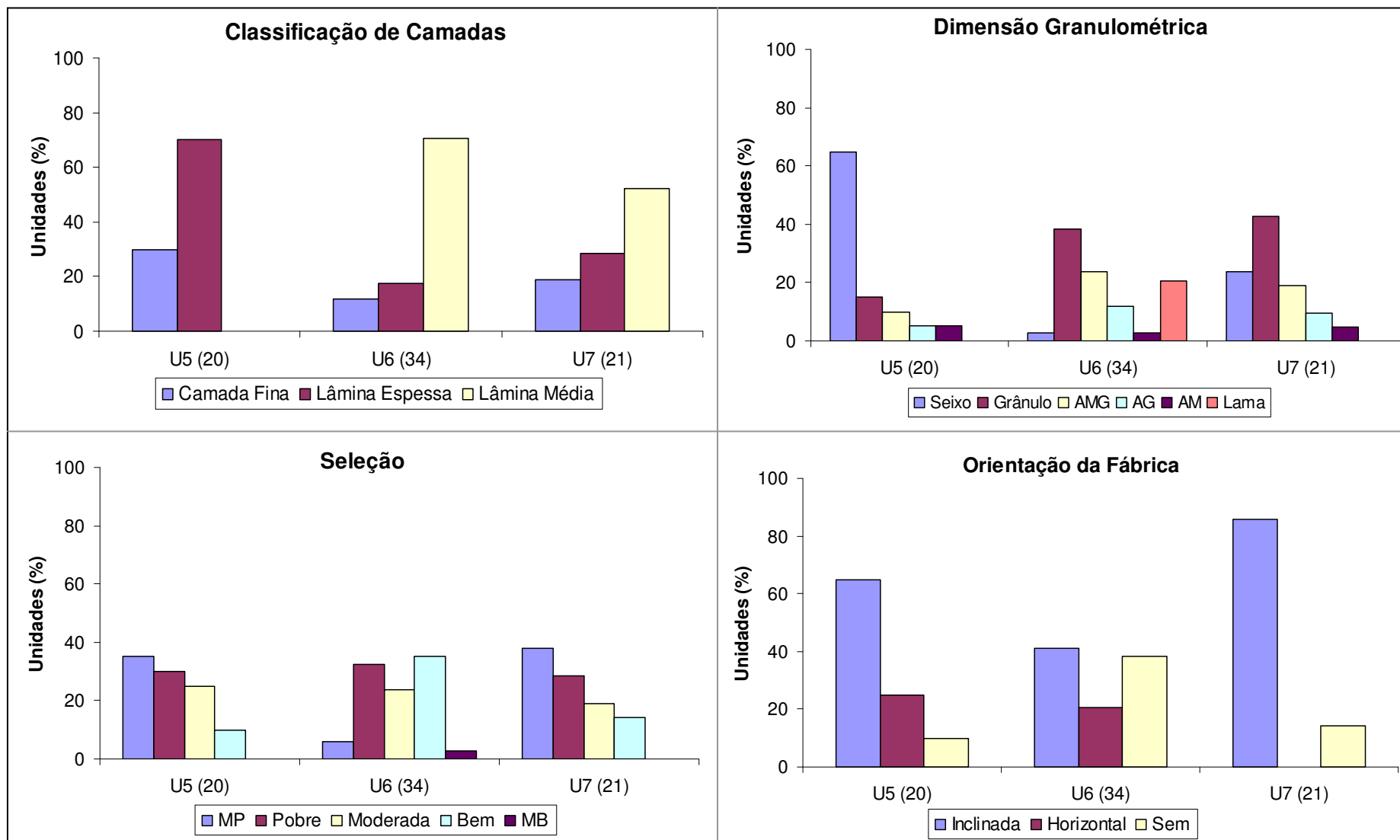


**Figura 56: Classificação das estruturas sedimentares da unidade 7. As elipses (em laranja) indicam dois padrões sedimentológicos diferentes.**

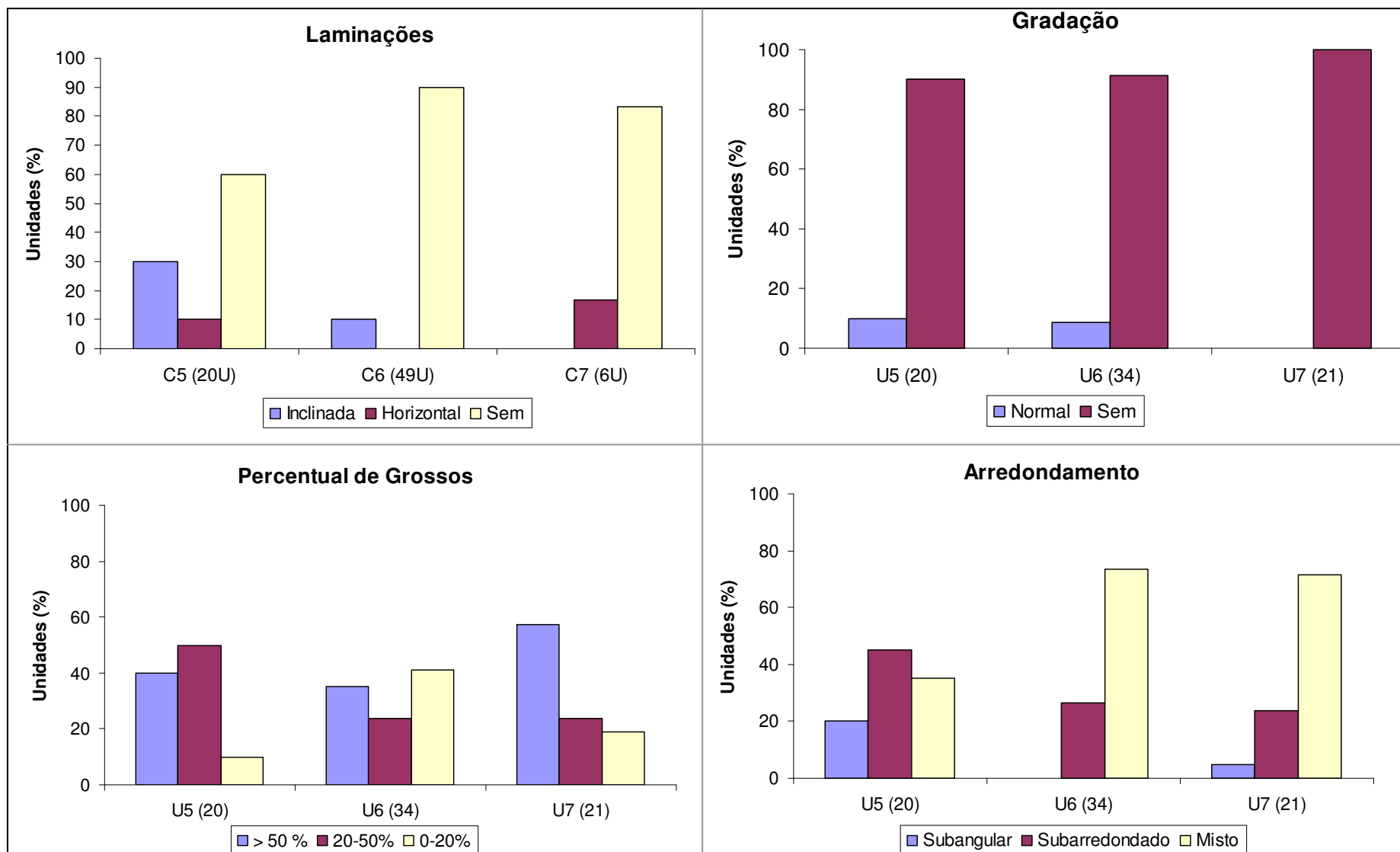
As **Figuras 57** e **58** apresentam um resumo da descrição macroscópica realizada nas unidades 5, 6 e 7. Na **Figura 57**, observa-se que a unidade 5 (**U5**) é constituída de lâminas espessas (70%) e camadas finas (30%), com clastos que chegam até o tamanho de seixo (em 65% das subunidades). O material apresenta grau de seleção que varia entre muito pobre e bem selecionado. Predominam subunidades com fábrica de orientação inclinada (65%). Na **Figura 58** os gráficos demonstram que ocorrem laminações inclinadas (30%) e horizontais (10%) nas subunidades. Apenas 10% das subunidades apresentam gradação normal. Cerca de 50% das subunidades contêm entre 20-50% de clastos grossos e 40% contêm acima de 50% de clastos grossos. O grau de arredondamento é variável, com predomínio de clastos subarredondados, subangulares e ambos (**Misto**).

Nos gráficos da **Figura 57** nota-se que a unidade 6 (**U6**) é constituída predominantemente de lâminas médias (70%), compreendendo até os tamanhos de grânulos (38%), areia muito grossa (23%) e lama (20%). O grau de seleção varia principalmente entre pobre (32%), moderado (32%) e bem selecionado (35%). Predominam subunidades com orientação inclinada (41%) e sem orientação (38%). Os gráficos representados na **Figura 58** demonstram que ocorrem poucas subunidades com gradação normal (8%) e laminações (10%). O percentual de materiais grossos torna-se variável. Cerca de 35% das subunidades contêm porcentagem acima de 50%; 23% das subunidades contêm entre 20 e 50% de grossos e 41% são constituídas de material predominantemente fino. Em 74% das subunidades foram observados clastos subarredondados e subangulares (**Misto**) e em 26%, apenas clastos subarredondados.

Na **Figura 57** os gráficos mostram que na unidade 7 (**U7**) ocorrem lâminas médias (52%), lâminas espessas (28%) e camadas finas (19%), abrangendo até os tamanhos de seixo (24%), grânulos (43) e areia muito grossa (19%). O grau de seleção varia de muito pobre a bem selecionado. Predominam subunidades com orientação inclinada (85%) dos clastos. Os gráficos representados na **Figura 58** mostram que não ocorre gradação nas subunidades. Em apenas 17% das subunidades ocorrem laminações horizontais. Cerca de 35% das subunidades contêm porcentagem maior do que 50% de clastos grossos, 23% contêm entre 20 e 50%; e 41% contêm até 20% de clastos grossos. Em 71 % das subunidades foram observados subarredondados e subangulares (**Misto**).



**Figura 57: Gráficos com resumo da descrição macroscópica nas unidades 5, 6 e 7 (Classificação das Camadas Sedimentares, Dimensão Granulométrica, Seleção e Orientação da Fábrica Clástica)**



**Figura 58: Gráficos com resumo da descrição macroscópica nas unidades 5, 6 e 7 (Laminações e Gradação dentro das subunidades, Percentual de Grossos e Arredondamento)**

#### 9.3.4 Balanço Parcial da Análise de Estruturas Sedimentares

Algumas características foram destacadas nas análises realizadas em campo e macroscopicamente (em tabletes). Na **unidade 5**, da base ao topo das amostras (T2-A a T2-D) ocorre mudança na cor da matriz e diminui a frequência de fragmentos de pedorrelíquia (paleossolo da Camada 4). Em direção ao topo, as unidades tornam-se mais finas gradativamente. Há inclinação das unidades e orientação dos clastos. Na **unidade 6**: muda a composição mineralógica (aporte sedimentológico), com o aumento da frequência de clastos alterados, agora predominantes. Três padrões sedimentológicos foram diferenciados. Na **unidade 7**: foram observados dois padrões sedimentológicos diferentes. Permanece a composição mineralógica, porém aumenta a espessura dos clastos (cascalho). O fluxo parece mudar de direção em relação às demais camadas. Em todas as unidades estratigráficas o contato entre as subunidades é abrupto, indicando descontinuidade erosiva ou lacuna deposicional.

Como resultado da análise textural ressalta-se a ocorrência de variação textural entre as unidades sedimentares com diferentes padrões de sedimentação e diversidade de clastos, principalmente, de material transportado (litorrelíquias e pedorrelíquias) tipificando material coluvial. No entanto, as evidentes estratificações formadas pela alternância de lentes finas (lamosas) e grossas (arenosas e cascalhosas) com laminações diversas, sugerem material aluvial.

Dentre os fatores que podem determinar a ocorrência de estratificações (Suguio, 1973 e 2003), quatro foram constatados: **a)** mudança de tamanho dos grãos. **b)** mudança na composição mineralógica. Ambos os fatores podem estar relacionados a flutuações na velocidade dos fluxos ou às características da área fonte. **c)** orientação das partículas depositadas. Seixos e grãos arenosos alongados tendem a adquirir orientação preferencial paralela à direção do fluxo (Reineck e Singh, 1980). **d)** intercalações de lâminas argilosas, que podem sugerir ausência de corrente e predomínio de decantação, ou podem estar relacionadas à diminuição da capacidade de transporte do fluxo sedimentar.

Estratificações e laminações planares são observadas nas Unidades Estratigráficas 5, 6 e 7. Nesses estratos se alternam sedimentos grossos (grânulos,

seixos e areias) e sedimentos finos (lamosos). Têm origem no assentamento de materiais finos que decantam sobre uma superfície plana em regime de fluxo superior ou inferior (NOWATZKI et al., 1984). Segundo Nichols (2000), no regime inferior, quando a velocidade crítica é alcançada, grãos grossos de areia ( $> 0,7$  mm) podem ser carregados e depositados paralelamente ao fluxo. Em regimes de fluxos superiores, estratos planos são constituídos de tamanhos variados de grãos espessos.

As laminações cruzadas predominam na unidade 7. Segundo Nichols (2000) elas podem ocorrer em diversos ambientes deposicionais (eólicos, subaquosos, etc.). Para definir sua origem, é necessário analisar as características texturais do sedimento (ex.: granulação, grau de arredondamento, seleção, textura superficial dos grãos etc.).

Apenas as unidades 5 e 6 apresentam estruturas gradacionais. Trata-se de gradações normais com presença de material fino em todo o sedimento. São provavelmente originadas pela sedimentação de material em suspensão, constituído de partículas de tamanhos variados (PETTIJOHN, 1963 e SUGUIO, 2003). Quando velocidade muda durante fluxo, os tamanhos dos clastos que são depositados refletirão as mudanças na força desse fluxo. A desaceleração do fluxo mostrará uma redução no fluxo de grãos tamanho grosseiro na base e no topo (NICHOLS, 2000). Essas estruturas ocorrem em grande variedade de ambientes deposicionais. É característica de depósitos de corrente de turbidez, mas pode também resultar das tempestades nas plataformas continentais, das planícies de inundação nos ambientes fluvial e dos ambientes superiores do delta.

As estruturas maciças constatadas nas unidades 6 e 7 são caracterizadas por estrato mais ou menos homogêneo ao olhar. Podem ser geradas por diferentes fatores: ausência de material transportado por tração; deposição muito rápida de material de suspensão em dispersões sedimentares muito concentradas, através de movimentos gravitacionais ou de massa; podendo ainda resultar de intensa bioturbação. Por se tratarem de estruturas maciças predominantemente finas (lamosas), sugerem a formação por decantação.

As laminações convolutas observadas são constituídas predominantemente de material fino, provavelmente indicam deformação por carga de substrato saturado.

De modo geral, as laminações observadas nas unidades estratigráficas 5, 6 e 7 revelam alternância de processos relacionados a condições hidráulicas distintas. Provavelmente ocorreram condições de fluxos densos que carrearam e depositaram lentes de sedimentos finos (predominantemente lamosos), e condições de fluxos concentrados e mais vigorosos para a deposição de lentes de sedimentos grossos, de tamanhos principalmente arenosos e cascalhosos. Segundo NICHOLS (2000), alterações de sedimentos finos e grossos são originadas em ambientes que experimentam variações em correntes (pulsos sedimentares) ou fornecem sedimento devido à mudança da força da corrente.

Pulsos sedimentares com as características observadas, na base de encostas, não ocorreriam em ambiente com cobertura vegetal. THOMAS (1994) argumenta que em depósitos coluviais pode ocorrer a transferência sazonal de finas camadas de sedimentos, com distinta estratificação, com selecionamento entre materiais grossos e finos. As condições de clima e vegetação para constituir esses depósitos envolvem regime de precipitação sazonal com cobertura vegetal aberta. Seriam necessárias produção de sedimentos da alta encosta e precipitação suficiente para causar escoamento superficial, sem a ocorrência de incisão de canal e escavação da encosta. Dessa forma, os depósitos que constituem as unidades estratigráficas 5, 6 e 7 teriam sido formados por pulsos de escoamento superficial sobre encostas provavelmente desprovidas de vegetação densa. O padrão multiepisódico desses depósitos holocênicos é interpretado como evidência de clima relativamente mais seco durante o Holoceno Médio, provavelmente associado a regime climático com longa estação seca em ambiente de leque aluvial (OLIVEIRA et al., 2008).

A análise macroscópica demonstra processos deposicionais atuantes na formação de corpos lenticulares, com direções e fluxos diferenciados. A diversidade dos fluxos tem sido relacionada à variação no regime hidrológico e a mudança de direção no caimento aparente das subunidades sugere que diferentes setores da encosta têm contribuído para a formação desses depósitos.



## 9.4 ANÁLISE MICROMORFOLÓGICA DA SEÇÃO ESTRATIGRÁFICA

A análise micromorfológica é um método para o estudo de amostras de solos não perturbadas (indeformadas) e de rochas intemperizadas com a ajuda de microscópio óptico, onde estes materiais friáveis e frágeis são enrijecidos por impregnação com produtos sintéticos, para depois preparar as lâminas (como visto no capítulo 7).

Embora a micromorfologia seja utilizada principalmente em trabalhos de cunho pedológico, ela é interessante onde o propósito do estudo seja identificar constituintes minerais, descrever qualitativamente suas formas, sua distribuição e seus relacionamentos mútuos e espaciais, ou para deduzir as afinidades genéticas existentes entre eles (DELVIGNE, 1998). Sua aplicação envolve a observação de feições microscópicas que se manifestam em diferentes escalas de observação, implicando associações como: a inserção da lâmina observada na amostra da qual ela provém; a inserção da amostra no perfil observado, e assim sucessivamente. Somente com base nessa “leitura” integrada é que os resultados obtidos podem fornecer chaves de interpretação. Sua aplicação a sedimentos inconsolidados é utilizada neste trabalho (BERTRAND & TEXIER, 1999)

Inicialmente serão apresentados os resultados da análise do Fundo Matricial (Poros, Esqueleto e Plasma). Posteriormente os resultados da análise da Pedalidade e da análise das Feições Pedológicas (Cutãs, Pedotúbulos, Nódulos e Pedorrelíquias), (ver métodos, página 84-90).

### 9.4.1 Análise do Fundo Matricial

#### *1) Poros*

Em geral a análise dos poros do fundo matricial indicou macroporos de morfologia variada, originados principalmente por processos pedogenéticos. Na **Unidade 5** ocorrem principalmente ortoporos fissurais, ou seja, não apresentam paredes alisadas ou adensadas. Na **unidade 6** ocorrem ortoporos e metaporos (com

paredes submetidas à pressão ou polimento de origem mecânica ou biológica) de canais, cavidades e fissuras. Alguns poros de canais foram preenchidos com fragmentos orgânicos (ver **Figura 65**, cutãs Iluviais 2 **A** e **B**). Na **unidade 7** predominam metaporos intergranulares (ou de empilhamento).

O resultado da análise (**Quadro 9**) constatou pedoporos e bioporos transagregados (fissuras, canais e cavidades) sem qualquer relacionamento específico com a ocorrência de agregados, provavelmente originados por atividade biológica e processos físicos (fissuras). Os poros intergranulares são resultantes do empilhamento do esqueleto na unidade 7.

**Quadro 9:** Resultado da descrição de poros transagregados

|           | Morfologia   | Frequência                     | Rugosidade/<br>alisamento | Orientação                                    | Distribuição          | Tamanho                | Gênese        |
|-----------|--|--------------------------------|---------------------------|---|-----------------------|------------------------|---------------|
| <b>U5</b> | Fissuras,<br>cavidades,<br>canais e<br>intergranulares | 5-15%<br>< 5%<br>< 5%<br>< 5%  | Ortoporos                 | Não<br>orientados e<br>fraca<br>orientação    | Aleatória e<br>linear | Macroporos<br>até 2 cm | Pedo e<br>bio |
| <b>U6</b> | Canais,<br>cavidades,<br>fissuras e<br>intergranulares | 5-15%<br>< 5%<br>< 5%<br>< 5%  | Ortoporos e<br>metaporos  | Não<br>orientados e<br>fraca<br>orientação    | Aleatória e<br>linear | Macroporos<br>até 5 cm | Pedo e<br>bio |
| <b>U7</b> | Intergranulares,<br>canais,<br>fissuras e<br>cavidades | 15-30%<br>< 5%<br>< 5%<br>< 5% | Ortoporos e<br>Metaporos  | Não<br>orientados a<br>moderada<br>orientação | Aleatória e<br>linear | Macroporos<br>até 2 cm | Pedo e<br>bio |

Frequência dos poros (CASTRO, 2002): Muito baixa = < 5%; Baixa = 5-15% e Frequente = 15-30%.

Além dos poros acima descritos, foi observada em todas as unidades estratigráficas (5, 6 e 7) a formação de microporos (fissurais) interagregados, desenvolvendo agregações (**Quadro 10**). O fato de “cortarem” a matriz (plasma e esqueleto) indiscriminadamente sugere que esses microporos foram originados após a formação dos depósitos. Essas microfissuras foram posteriormente preenchidas por material opaco (óxidos de manganês ou matéria orgânica).

Segundo Brewer (1964), a formação de poros interagregados em estruturas secundárias e terciárias é intimamente ligada à formação de agregados (processo pedológico); por isso serão novamente apresentados nos resultados da pedalidade (item 9.4.2).

**Quadro 10:** Descrição dos poros interagregados formadores de agregação

| <b>Morfologia</b> | <b>Rugosidade e alisamento</b> | <b>Orientação</b>      | <b>Distribuição</b> | <b>Tamanho</b>                  | <b>Gênese</b> |
|-------------------|--------------------------------|------------------------|---------------------|---------------------------------|---------------|
| Fissuras          | Metaporos                      | Não orientados a forte | Aleatória e linear  | Macroporos muito finos (> 2 mm) | ortoporos     |

As paredes das fissuras dos poros transagregados (macroporos) e interagregados (microfissuras) foram comparadas e apresentaram características distintas: nas primeiras, as paredes são encaixáveis (ou conformes) e os poros estão abertos e vazios (sem preenchimento). Nas fissuras interagregadas as paredes são parcialmente encaixáveis e foram preenchidas com óxidos de manganês (?). Segundo Brewer (1964), se as duas paredes da fissura se fecham perfeitamente sem deixar espaços vazios, significa que não houve retirada de matéria na formação da fissura. Os fatores físicos são freqüentemente os responsáveis pelas fissuras conformes (encaixáveis), enquanto as fissuras não-conformes geralmente resultam de alteração química ou de atividade biológica. Sendo assim, os macroporos transagregados observados seriam indício de fatores físicos atuantes, provavelmente relacionados fases de umedecimento e dessecação. No caso das microfissuras, tal definição não se aplica. Em detalhe fica evidente que o preenchimento dos poros foi posterior à criação dos vazios, provavelmente relacionado à translocação de material ao longo do perfil.

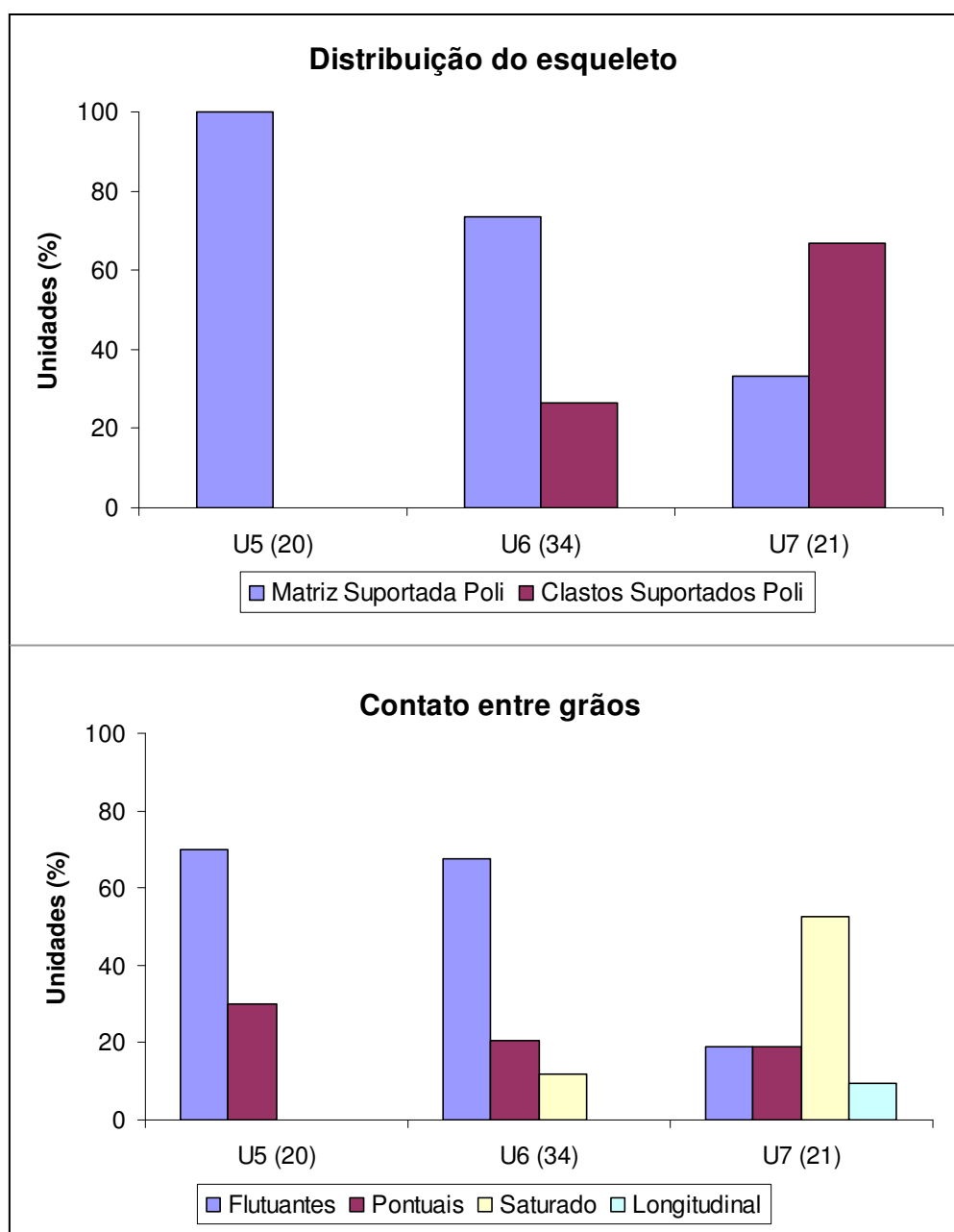
## ***II) Esqueleto***

O método da análise micromorfológica permitiu que o esqueleto fosse analisado de diferentes modos, através das características texturais, morfológicas, morfoscópicas, mineralógicas, genética e funcional. Os resultados dessas análises serão apresentados a seguir.

### ***a) Análise Textural***

A análise microscópica das características texturais foi importante para complementar a análise macroscópica. De fato, todas as descrições foram revistas e incluídas nos resultados apresentados no item 9.2.3. Aqui serão apresentadas descrições microscópicas complementares, como a distribuição do esqueleto e o contato entre os grãos.

Os gráficos da **Figura 59** apresentam os resultados da análise da distribuição do esqueleto e do contato entre grãos. A **unidade 5** apresenta distribuição do esqueleto caracterizado por matriz suportada polimodal e o contato entre grãos é predominantemente flutuante (na matriz) e pontual. A **unidade 6** é formada principalmente por matriz e clastos suportados polimodais. Predominam grãos flutuantes e contatos pontuais e suturados. Na **unidade 7** o esqueleto apresenta-se distribuído através de clastos suportados polimodais. O contato entre grãos varia entre flutuante, pontual e longitudinal.



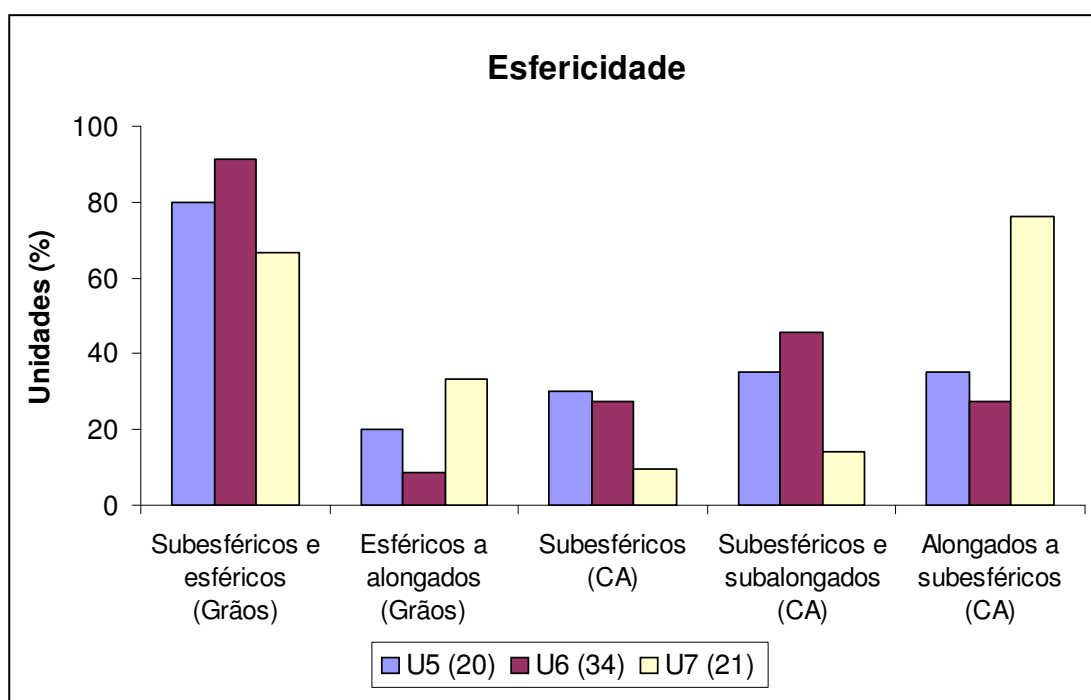
**Figura 59: Representação gráfica da distribuição do esqueleto e do contato entre grãos.**

O resultado da descrição da distribuição do esqueleto e do contato entre grãos sugere a ocorrência de fluxos diferenciados entre as unidades 5, 6 e 7. Na unidade 5 predomina padrão de organização matriz-suportado com contatos flutuantes e pontuais, sugerindo fluxos sedimentológicos mais viscosos, enquanto na unidade 7 predominam clastos-suportados e contatos suturados e longitudinais, indicando a ocorrência de fluxos mais fluidos. Na unidade 6 ocorrem tanto fluxos mais fluidos (predominantes), quanto viscosos.

### ***b) Análise Morfológica e Morfoscópica***

A análise morfológica (arredondamento e esfericidade) e a análise morfoscópica (rugosidade) dos grãos minerais e dos clastos alterados (alterorrelíquias, litorrelíquias e pedorrelíquias) apresentaram resultados diferentes, por isso foram descritos separadamente.

Em relação ao grau de esfericidade, as **unidades 5, 6 e 7** apresentaram grãos esféricos, subesféricos e alongados e clastos alterados (CA) subesféricos a alongados (**Figura 60**).

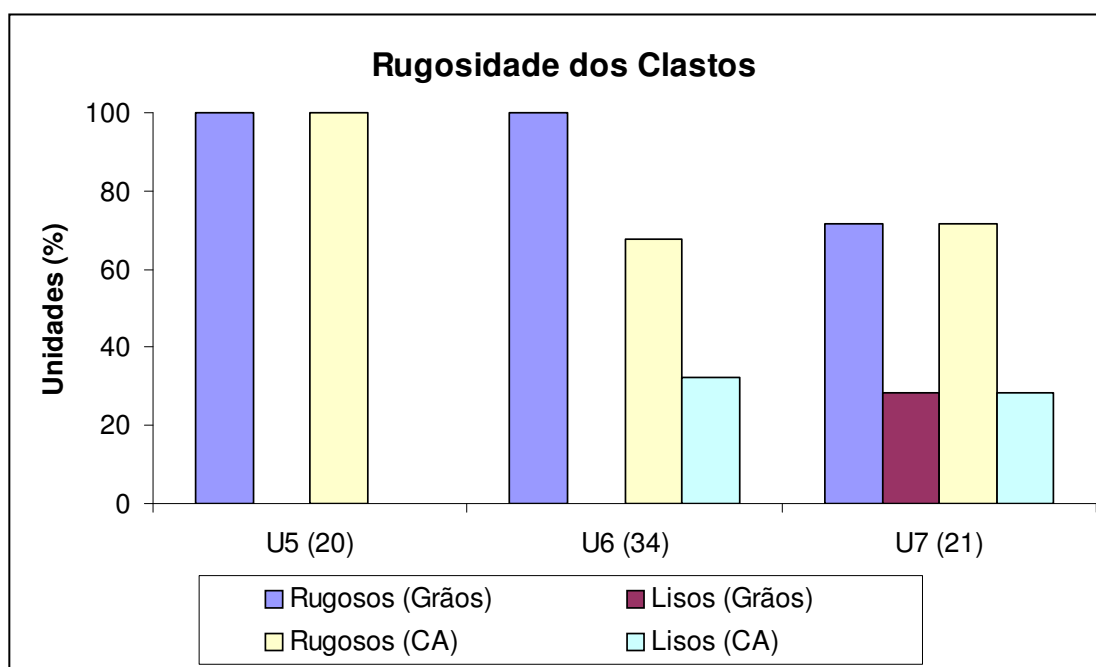


**Figura 60: Gráfico do grau de esfericidade dos grãos minerais e dos clastos alterados (CA) nas unidades 5, 6 e 7**

A **unidade 5** apresenta 80% das subunidades com grãos minerais subesféricos e esféricos. As alterorrelíquias variam entre subesféricas (30% das subunidades), subesféricas a alongadas (35%) e alongadas a subesféricas (35%). Na **unidade 6** predominam subunidades com grãos subesféricos e esféricos (90%). As alterorrelíquias variam em subesféricas, de subesféricas a subalongadas e de alongadas a subesféricas (em 27%, 45% e 27% das unidades, respectivamente). A **unidade 7** apresenta 66% de grãos subesféricos a esféricos e 33% de grãos que variam de esféricos a alongados. Predominam subunidades com alterorrelíquias que variam de alongadas a subesféricas (76%).

Conforme apresentado na **Figura 58** (arredondamento), todas as subunidades observadas apresentaram predomínio de formas subarredondadas e subangulares (grãos e alterorrelíquias).

Em relação à rugosidade superficial, na **unidade 5** predominam grãos e clastos alterados (CA) rugosos. Na **unidade 6** prevalecem grãos rugosos e alterorrelíquias rugosas e lisas. A **unidade 7** apresenta grãos e pedofeições rugosas e lisas (**Figura 61**).



**Figura 61: Representação gráfica da rugosidade de grãos minerais e dos clastos alterados (CA) das unidades 5, 6 e 7.**

Quanto à rugosidade superficial, na **unidade 5** prevalecem grãos e alterorrelíquias rugosas (100%). Na **unidade 6** ocorrem grãos rugosos e predominam alterorrelíquias rugosas em 68% das subunidades. Na **unidade 7** ocorrem grãos e alterorrelíquias rugosas (em 71% das subunidades) e grãos lisos (em 29% das subunidades) e alterorrelíquias lisas.

A análise morfológica e a morfoscópica auxiliam na interpretação dos agentes atuantes, principalmente os de formação, transporte, deposição e dissolução (CASTRO, 2002). Materiais caracterizados por formas arredondadas (também subarredondados e subangulares) e esféricas (e subesféricas) sugerem fenômenos de alteração e/ou transporte. Materiais rugosos podem ser associados a diversas origens, enquanto as formas lisas, provavelmente foram polidas por ação hídrica (ou eólica).

### **c) Análise Mineralógica**

Na análise mineralógica as principais características constatadas foram: **a)** presença de tipos variados de grãos minerais (quartzo, feldspato e plagioclásio) com variação em suas características que podem estar relacionadas ao processo de transporte (fragmentação e polimento) e relacionadas à origem (careado típico de material piroclástico); **b)** ocorrência de feições pedológicas originadas *in situ* (concentrações nodulares) e feições herdadas; e **c)** diferentes tipos de alterorrelíquias, principalmente a partir das **unidades 6 e 7**.

A **Figura 62** mostra exemplos dos tipos de clastos que constituem o esqueleto. Como pode ser observado, o esqueleto é composto por: **a)** tipos variados de **grãos minerais**, como quartzo (**A**), quartzo vulcânico (**B**), quartzo policristalino (**C** e **D**), feldspato (**E**) e plagioclásio (**F**); **b)** feições pedológicas orto: **nódulos** (concentrações ferruginosas **A** e **B**); **c)** feições herdadas: **pedorrelíquias** (paleossolo avermelhado **A** e **B**); **litorrelíquias** - Fragmento de Rocha Intemperizada (**FRI**) (**A**), **FRI** de origem vulcânica, rica em feldspato e quartzo (**B**), e Fragmento de Rocha Vulcânica (**FRV**) com textura microcristalina (**C** e **D**); **d)** **alterorrelíquias** (**A**, **B** e **C**); e **e)** **formações fósseis** (matéria orgânica **A**, **B** e **C**). O **Quadro 11** apresenta os tipos de clastos encontrados nas **unidades 5, 6 e 7** e sua frequência.



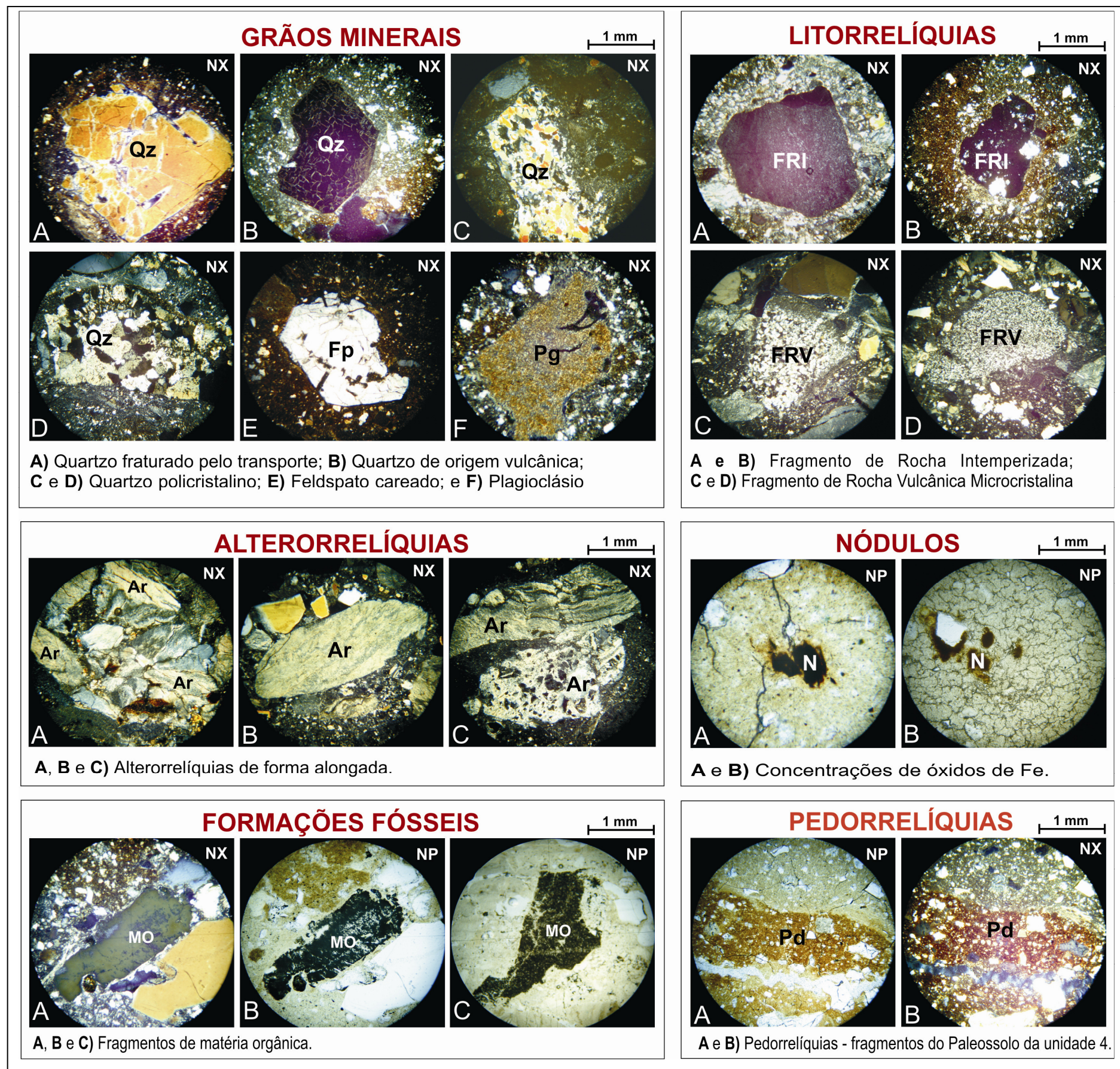


Figura 62: Fotomicrografias (em 40X) da constituição do esqueleto nas unidades 5, 6 e 7. As siglas NX e NP correspondem a nicóis cruzados e paralelos, respectivamente.



**Quadro 11:** Composição do esqueleto e frequência

| Tipos de Clastos                                 | U5        | U6        | U7        |
|--|-----------|-----------|-----------|
| <b>Quartzo</b>                                   | Dominante | Freqüente | Freqüente |
| <b>Quartzo policristalino</b>                    | MB        | MB        | MB        |
| <b>Feldspato</b>                                 | Baixa     | Baixa     | Baixa     |
| <b>Plagioclásio</b>                              | MB        | MB        | MB        |
| <b>Litorrelíquia<br/>(Clasto cinza)</b>          | MB        | Baixa     | MB        |
| <b>Litorrelíquia<br/>(FRV - microcristalina)</b> | MB        | MB        | MB        |
| <b>Litorrelíquia<br/>(FRI - preto com Qz)</b>    | Baixa     | MB        | MB        |
| <b>Alterorrelíquias<br/>(clastos alterados)</b>  | MB        | Comum     | Dominante |
| <b>Nódulo</b>                                    | MB        | MB        | MB        |
| <b>Formações fósseis</b>                         | MB        | MB        | MB        |
| <b>Pedorrelíquia<br/>(Paleossolo)</b>            | Comum     | Baixa     | MB        |

Dominante = 50-70%; Comum = 30-50%; Freqüente = 15-30%; Baixa = 5-15% e Muito baixa = <5%.

De acordo com a frequência dos materiais apresentados no **Quadro 11**, na **unidade 5** predominam grãos minerais (quartzo) e pedorrelíquias (fragmentos de paleossolo da unidade 4). Nas **unidades 6 e 7** predominam clastos alterados (alterorrelíquias) e grãos de quartzo. Levando em consideração que os demais materiais são observados em todas as unidades com frequência, variando de muito baixa a baixa, os predomínios descritos podem indicar mudança no aporte sedimentológico entre os materiais da unidade 5 e os das unidades 6 e 7. As unidades 6 e 7 estão explorando as mesmas fontes de clastos. A variedade de material observado confirma o caráter alóctone na constituição de depósito colúvio-aluvial.

#### **d) Análise Genética**

O resultado da análise genética identificou diferentes alterorrelíquias, principalmente nas unidades 6 e 7 com frequência comum e dominante (respectivamente). Elas foram divididas em dois grupos: as parcialmente alteradas e as totalmente alteradas (***Iso-alteromorfo***, ***Iso-Kata-alteromorfo***, ***Septo-alteromorfo*** e ***Alteromorfos-Poligenéticos***). Na unidade 5 foram observados apenas Iso-alteromorfos com frequência muito baixa.

Os parcialmente alterados correspondem a grãos minerais, ou resíduos primários que apresentam porosidade secundária intermineral (**PI - Figura 63, A e B**). Os totalmente alterados são clastos que foram transformados em produtos secundários (argilizados), com diferentes padrões de alteração. Os ***Iso-alteromorfos*** mantêm o volume do produto secundário idêntico ao do original primário, tem os limites externos e o tamanho preservados (**IA - Figura 63, C**). Os ***Iso-Kata-alteromorfos*** apresentam-se totalmente alterados, com fraturas secundárias, aumentando seu tamanho (**IKA - Figura 63, D**). Os ***Septo-alteromorfos*** são caracterizados por produtos secundários distribuídos em texturas bandeadas, com poros isolados ou fechados (**SA - Figura 63, E e F**). Os ***Alteromorfos-Poligenéticos*** são Poro-alteromorfos que foram alterados centripetamente, apresentando nova alteração nas partes próximas ao seu limite (**AP - Figura 63, G e H**).

Por se tratar de material herdado (pedorrelíquias e litorrelíquias alteradas), tais materiais foram descritos utilizando os mesmos critérios analíticos usados na descrição de feições pedológicas, como se mostra no **Quadro 12**.

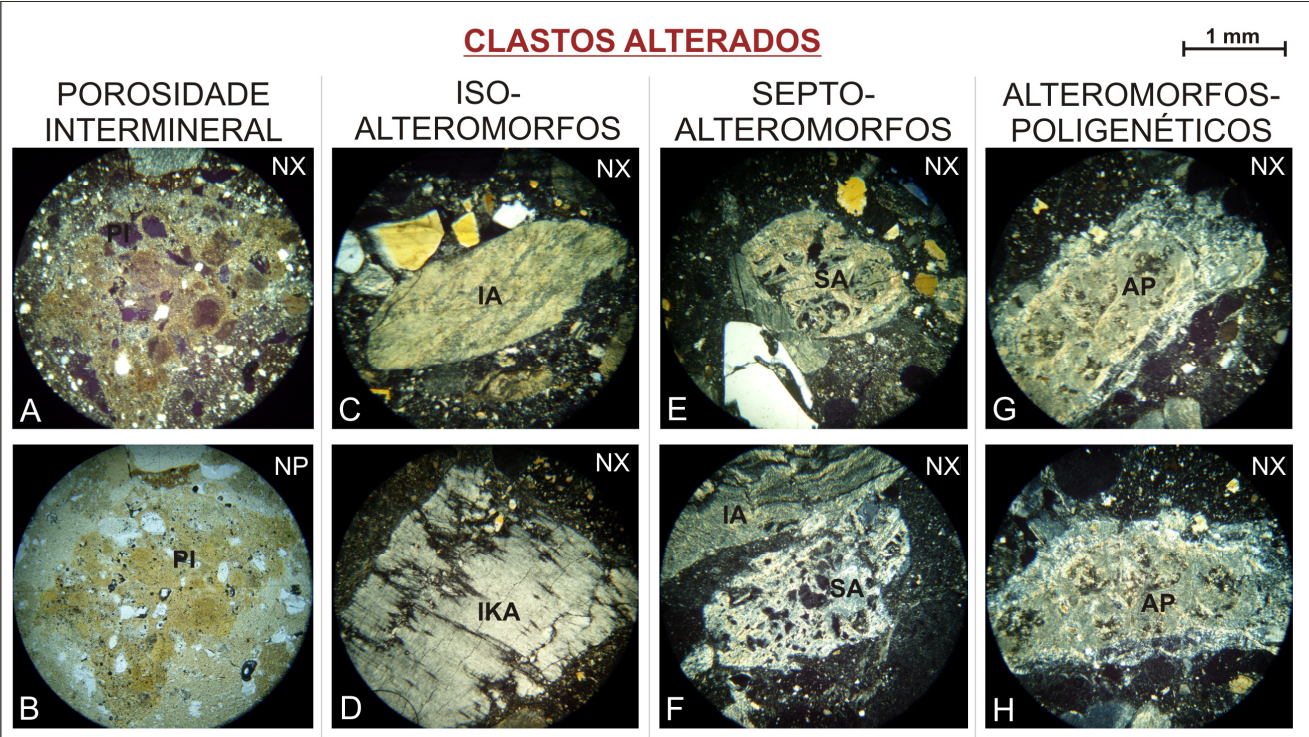


Figura 63: Fotomicrografias (ampliadas 40X) dos tipos de clastos alterados encontrados nas unidades 5, 6 e 7.

Quadro 12: Resumo descritivo das Alterorrelíquias

| Tipo  | Constituição          | Tipo de Nódulo        | Morfologia Interna     | Morfologia Externa | Grau de Impregnação        | Grau de Adesão        | Nitidez       | Contraste        | Cor   |
|-------|-----------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|----------------------------|-----------------------|---------------|------------------|---|
| 1     | Plagioclásio alterado | De fábrica            | Pseudomórfica          | Irregular          | Fortemente                 | Discreta              | Nítidos       | Forte            | Amarelo variegado                                   |
| 2     | Argilo-minerais       | De fábrica e textural | Típico e Pseudomórfica | Irregular          | Pura a moderadamente       | Fracamente a discreta | Muito nítidos | Forte a moderado | P e X = amarelo 5Y8/8                               |
| 3 e 4 | Argilo-minerais       | De fábrica e textural | Típico Pseudomórfica   | Irregular          | Fortemente e moderadamente | Discreta              | Nítidos       | Forte a moderado | Cinzeno (N5/1) e amarelo-claro-acinzentado. (5Y8/4) |

Resumidamente, dois padrões de alterações foram observados: **a) porosidade secundária em mineral primário**: trata-se de porosidade intermineral onde a alteração química progride nas superfícies de menor resistência do mineral primário, criando nova rede de porosidade secundária. Esses espaços tendem a serem posteriormente preenchidos parcial ou totalmente por produtos secundários; **b) alteração dos materiais primários para produtos secundários com diferentes padrões de alteração**: as estruturas originais herdadas dos minerais primários são geralmente bem preservadas em alteromorfos de primeira geração (**Iso-alteromorfo e Iso-Kata-alteromorfo**). A degradação posterior tende a destruir completamente essas estruturas herdadas e constituir alteromorfos com porosidade secundária (**Septo-alteromorfo**) e substituir os alteroplasmas por produtos de segunda geração (**Alteromorfos-Poligenéticos**).

Segundo Delvigne (1998), as alterorrelíquias podem ter dois tipos de origens: *a) alóctones*: que foram deslocadas depois de seu desenvolvimento como unidades alteradas. Geralmente exibem forma arredondada se tiverem sofrido processos de transporte. *b) autóctones*: foram alteradas depois de seu transporte e deposição. Podem exibir forma angular (irregular). Levando em consideração a forma dos materiais aqui estudados (arredondamento), não é possível chegar a resultado conclusivo, eles apresentam tanto formas subangulosas, quanto subarredondadas.

No caso da alteração em litorrelíquias, o autor ressalta (op cit) que são mecanicamente muito resistentes ao processo de transporte e podem ficar soterradas em espessos colúvios, onde seu intemperismo posterior pode ser muito similar ao que normalmente se desenvolveria em alteritas. Logo que *completamente alteradas*, são geralmente compostas de argilo-alteroplasmas ricos em esmectita e mecanicamente frágeis. O transporte muito lento necessariamente a destruiria, por dispersão do conteúdo de argila, antes da deposição em um novo ambiente (DELVIGNE, 1998).

Embora não seja possível discernir, com precisão, a gênese desses materiais sem auxílio de outras análises, a hipótese para as alterorrelíquias observadas é que sejam alóctones. É provável que tenham sido alteradas, de forma incipiente, antes do seu transporte, e a alteração tenha evoluído quando depositadas como material coluvial. São possivelmente derivadas de fragmentos de rochas sedimentares e

piroclásticas que, além de serem pouco resistentes ao intemperismo químico, também sofreram alteração pós-deposicional, durante o Pleistoceno e o Holoceno.

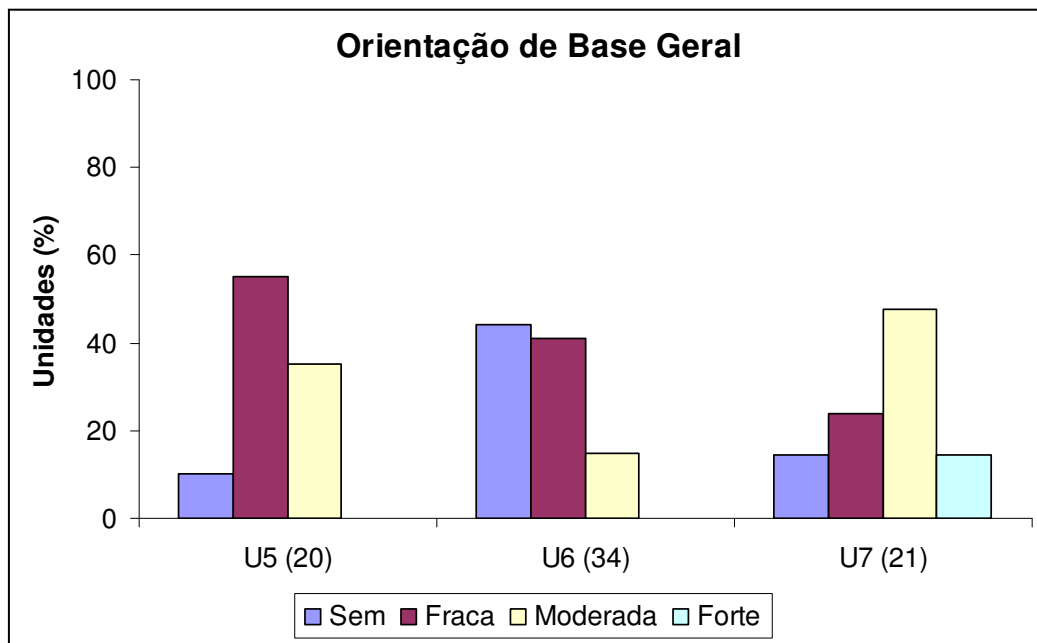
#### ***e) Análise Funcional***

O **Quadro 13** apresenta o resultado da distribuição do esqueleto nas unidades 5, 6 e 7. As amostras das **unidades 5, 6 e 7** apresentaram resultado similar quanto à distribuição do esqueleto. Em geral predominam unidades distribuídas de forma aleatória (de base) e não referida (de referência). Ocorrem em pequenas partes as distribuições apresentadas entre parênteses (linear, bandeada etc.). Em todas as unidades foi observada distribuição relativa porfírica, variando apenas em fechada e aberta.

**Quadro13:** Resultado da distribuição do esqueleto

|           | <b>Distribuição Geral de Base</b>                    | <b>Distribuição por Referência</b>            | <b>Distribuição Relativa</b> |
|-----------|--|---|------------------------------|
| <b>U5</b> | Aleatória (linear, bandeada, agrupada e concêntrica) | Não referida (cutânea, subcutânea e paralela) | Porfírica fechada            |
| <b>U6</b> | Aleatória (linear, bandeada, agrupada e concêntrica) | Não referida (cutânea e subcutânea)           | Porfírica fechada e aberta   |
| <b>U7</b> | Aleatória (linear, agrupada e bandeada)              | Não referida (cutânea)                        | Porfírica fechada            |

O resultado da orientação referida e a da relativa em todas as unidades foi predominantemente não referida e sem relação, respectivamente. A orientação de base geral apresentou resultado variável. A **Figura 64** mostra o resultado dessa análise.



**Figura 64: Representação gráfica da orientação de base geral entre as unidades 5, 6 e 7.**

Na **unidade 5** predominam orientação fraca e moderada. Na **unidade 6** sobrepõem unidades sem orientação e ocorrem unidades com orientação fraca e moderada. Na **unidade 7** predominam unidades com orientação moderada.

Duas características foram ressaltadas no resultado da análise funcional: **a)** todas as unidades apresentam distribuição relativa porfírica, caracterizando junção do plasma por cimentação (os grãos estão aprisionados na massa plásmica), provavelmente indicando processo de alteração por intemperismo. **b)** predominam unidades com esqueleto orientado.

### III) Plasma

O resultado da análise do plasma nas **unidades 5, 6 e 7** apresentou pouca variação. Em todas as unidades ocorre plasma composto de Ferri-argilãs, com distribuição relativa porfírica e não referida (apresenta em partes referência cutânica, linear, paralela e oblíqua). Predomina orientação de natureza manchada e orientação relativa do tipo assépica: silassépica e argilassépica (com pequenas partes da matriz apresentando tipos sépicos como: vossépico, esquelsépico etc.). O resultado dessa análise pode ser observado no **Quadro 14**.

**Quadro 14:** Resultado da descrição do plasma matricial

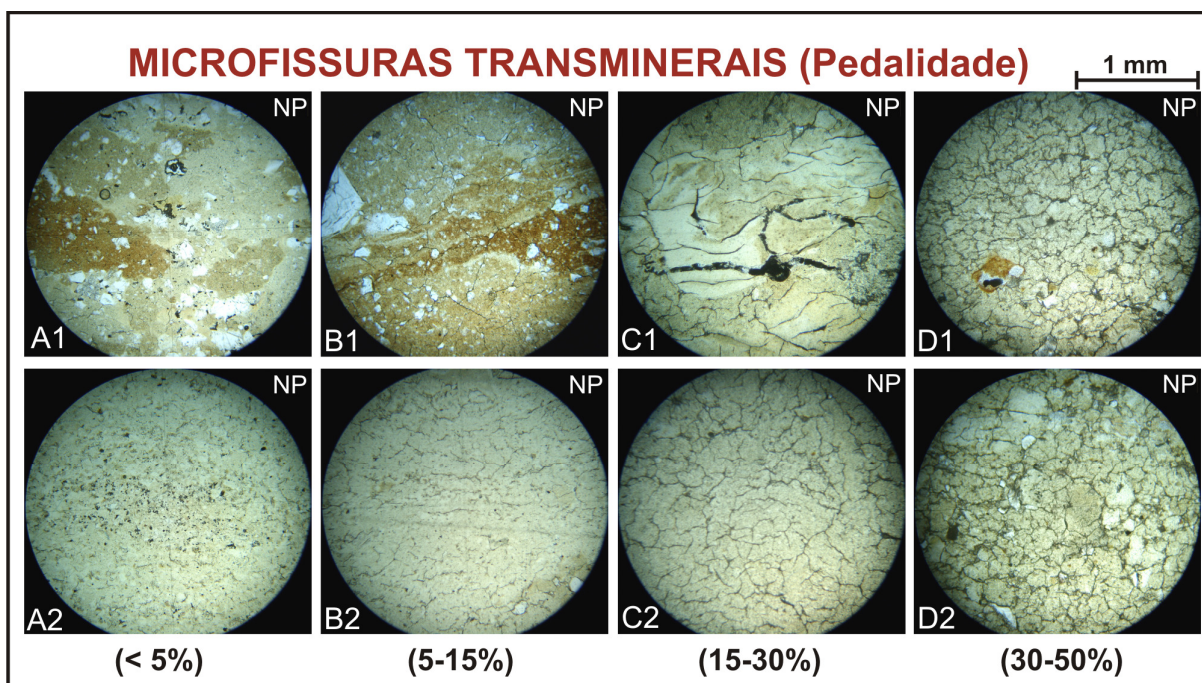
|           | Composição    | Distribuição Referida                       | Orientação Relativa  | Grau de Orientação  | Natureza da Orientação         | Cor  |
|-----------|---------------|---|--|---|--------------------------------|--|
| <b>U5</b> | Ferri-argilãs | Não referida (cutânica e linear)            | <b>Silassépico</b> (vossépico, esquelsépico, massépico, mossépico, isótico e ominissépico)                           | <b>Fraca e não resolvível</b> (forte, moderada e indeterminada) | Manchada (contínua e estriada) | NP = Bruno amarelado (10YR5/8) e NX = amarelo brunado (10RY6/8)  |
| <b>U6</b> | Ferri-argilãs | Não referida (cutânica, paralela e oblíqua) | <b>Silassépico e argilassépico</b> (vossépico, esquelsépico, massépico, isótico, mossépico, insépico e ominissépico) | <b>Não resolvível</b> (fraca e moderada)                        | Manchada                       | NP = Vermelho-claro-acinzentado (2,5Y 7/2) e NX = branco (5Y8/1) |
| <b>U7</b> | Ferri-argilãs | Não referida (cutânica)                     | <b>Argilassépico e silassépico</b> (massépico, vossépico e esquelsépico)   | <b>Não resolvível</b> (fraca e moderada)                        | Manchada                       | NP = Vermelho-claro-acinzentado (2,5Y 7/3) e NX = branco (5Y8/1) |

A análise do plasma apresenta predomínio de estruturas plásmicas assépicas e orientação manchada, correlacionada segundo Castro (2002), à transformação de minerais primários (alteração). Segundo Brewer (1954), a causa mais provável das fábricas assépicas são os processos sedimentares. Durante o transporte as partículas de argila podem ser carregadas em estado completamente disperso ou como flocos de tamanhos diferentes, dependendo das características dos minerais e da água que os carregam.



#### 9.4.2 Pedalidade e Estrutura do Solo.

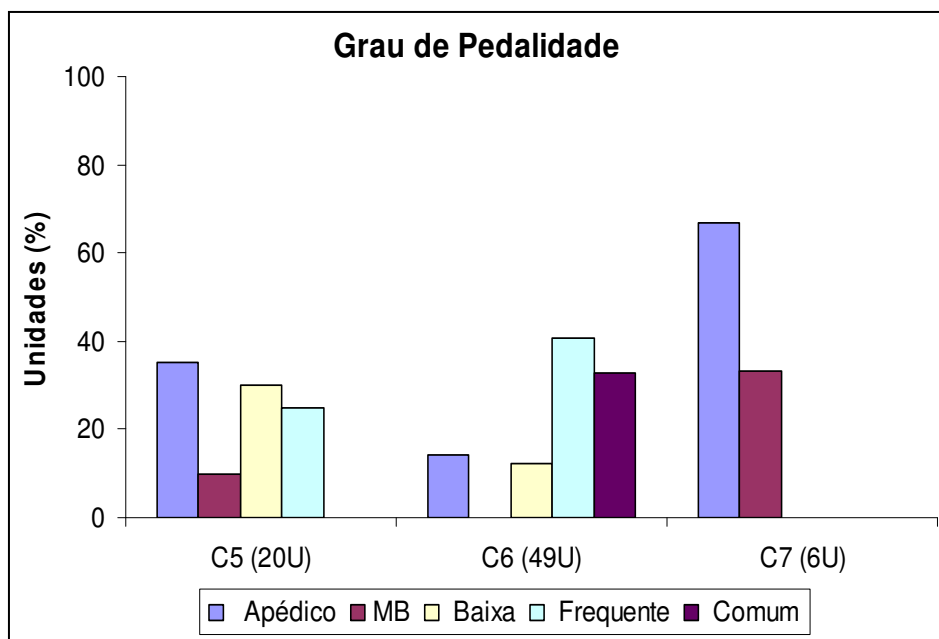
Embora o material analisado seja de origem sedimentar (colúvio-aluviais), em todas as unidades analisadas foi observado desenvolvimento de microfissuras interminerais (cortando a matriz e clastos) de origem pós-deposicional. Ocorre o desenvolvimento de agregações muito pequenas (menores que 5 mm) em forma de blocos e lâminas, com paredes externas ajustadas (acomodadas). Diferentes padrões de agregação (ou grau de desenvolvimento) foram observados (**Figura 65**). Nenhum dos tipos de estruturas de solo propostas por Bullock et al. (1985) foi observado, sendo considerado como estrutura complexa.



**Figura 65:** Fotomicrografias (em 40X e com nicóis paralelos - NP) mostrando, da esquerda para a direita (A-D), aumento da frequência de microagregações originadas por fissuramentos transminerais pós-deposicionais. A cor preta nas microfissuras indica preenchimento de material solúvel após fissuramentos.

A **Figura 66** mostra a quantidade de unidades pélicas e apélicas. O **Quadro 15** apresenta as características da pedalidade nas **unidades 5, 6 e 7**.





**Figura 66:** Gráfico da quantidade de unidades apédicas e com pedalidade nas unidades 5, 6 e 7. Os valores da frequência: Muito Baixa (<5%), Baixa (5-15%), Frequente (15-30%) e Comum (30-50%) representam aumento no desenvolvimento da pedalidade.

**Quadro 15:** Características da pedalidade das unidades 5, 6 e 7.

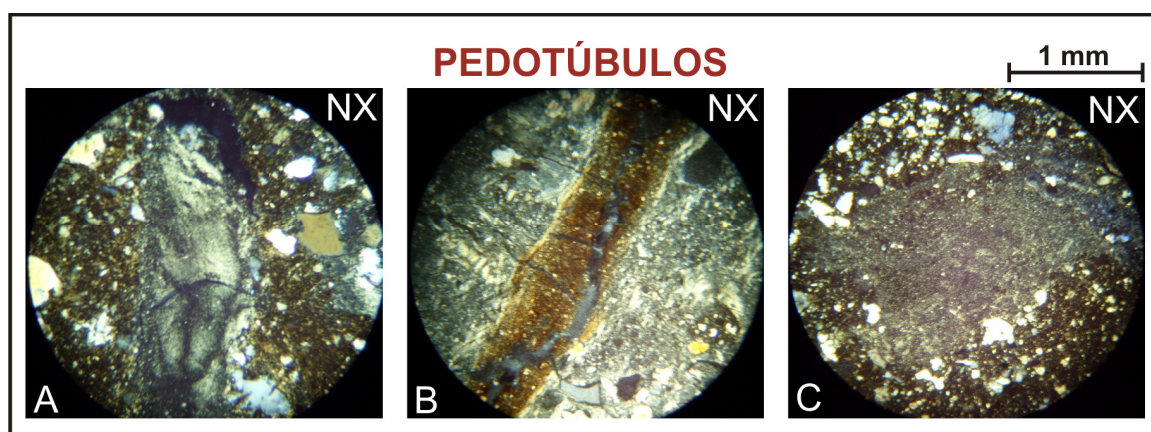
|           | Grau de desenvolvimento    | Grau de Acomodação | Forma dos agregados | Tamanho       | Frequência          | Estrutura                                 |
|-----------|----------------------------|--------------------|---------------------|---------------|---------------------|---|
| <b>U5</b> | Fracamente a moderadamente | Acomodados         | Em blocos e laminar | Muito pequeno | Baixa e muito baixa | Complexa (maciça e fissurada)             |
| <b>U6</b> | Fracamente a moderadamente | Acomodados         | Laminar e em blocos | Muito pequeno | Baixa e frequente   | Complexa (maciça e fissurada)             |
| <b>U7</b> | Fracamente a moderadamente | Acomodados         | Laminar e em blocos | Muito pequeno | Comum e frequente   | Complexa (clastos suportados e fissurada) |

O resultado da análise da pedalidade constatou desenvolvimento de processos pedológicos (pedalidade) entre as unidades 5, 6 e 7. O preenchimento das fissuras interagregadas indica translocações de alumínio entre as camadas e horizontes de solo.

### 9.4.3 Feições Pedológicas

#### 1) *Pedotúbulos*

Em geral foram encontrados poucos pedotúbulos localizados nas **unidades 5 e 6**. São isotúbulos<sup>6</sup> de forma tubular simples e alongada, com densidade completa e incompleta (ver página 89), são compostos por minerais pequenos e ferri-argilãs, com contraste moderado a forte. Não ocorre sobreposição de preenchimentos. Foram originados por preenchimento de vazios (Paratúbulos<sup>7</sup>). O **Quadro 16** apresenta as principais características descritas. A **Figura 67** apresenta os pedotúbulos encontrados nas unidades 5 e 6.



**Figura 67: Fotomicrografias (em 40X) dos pedotúbulos observados.**

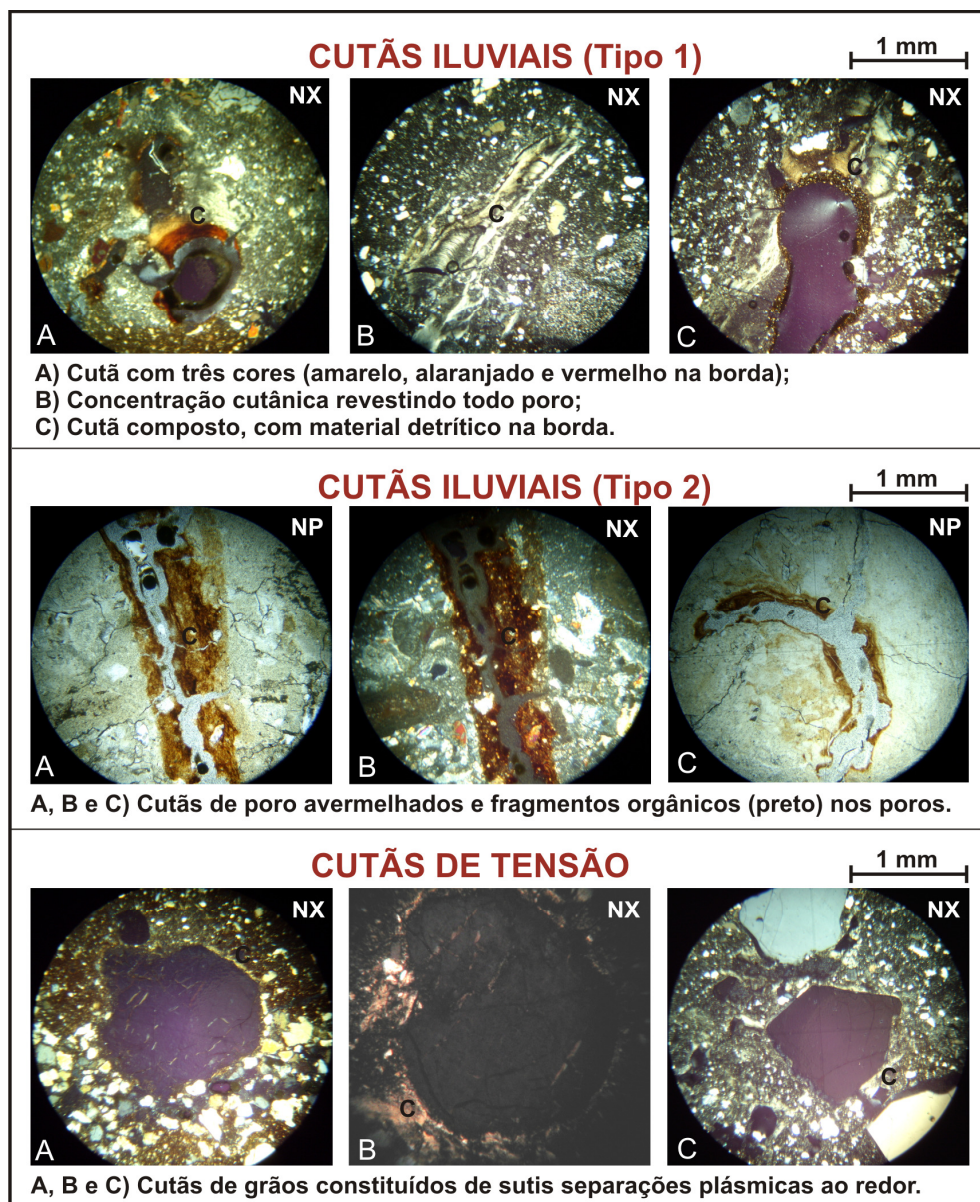
Os Pedotúbulos são formados por grãos do esqueleto e plasma, não organizados em agregados e sem arranjo direcional em relação à forma externa. A fábrica é essencialmente porfírica. De acordo com Brewer (1964), os verdadeiros pedotúbulos são formados por raízes petrificadas, carbonificadas ou por rizoconcreções tubulares. Geralmente, tais feições são relacionadas à atividade biológica (raízes, formigas, térmitas, minhoca etc.). As interpretações da forma externa dos pedotúbulos apontadas por Brewer (1964) sugerem que sua origem seja relacionada a fauna ou flora. No entanto, o autor salienta que outros processos como intemperismo, podem produzir canais que posteriormente são preenchidos. Castro (2002) apresenta os paratúbulos como preenchimento associado a processos pedológicos como iluviação, de origem pós-deposicional para o caso observado.

<sup>6</sup> **Isotúbulos:** pedotúbulos constituídos de grãos de esqueleto cimentados por plasma, que não formam agregados e têm distribuição relativa porfírica.

<sup>7</sup> **Paratúbulos:** são pedotúbulos preenchidos com material que sofreu concentrações posteriores ao deslocamento, ou material pré-existente que permaneceu protegido.

## II) Cutãs

Dois tipos de cutãs foram observados nas **unidades 5, 6 e 7**: **a) cutãs iluviais** (Figura 68, tipos 1 e 2) – originados por deposição de material transportado em suspensão (fração argila) ou solução (compostos químicos) na primeira fase da pedogênese. **b) cutãs de tensão** (Figura 68) – formados pela modificação *in situ* do plasma (separações plásmicas) devido a forças diferenciais, como cisalhamento. São originados pela combinação do intemperismo *in situ* e reorganização do solo em resposta ao regime específico de umidificação (FITZPATRICK, 1984). Os cutãs analisados são descritos no **Quadro 17**.



**Figura 68: Fotomicrografias dos cutãs encontrados nas unidades 5, 6 e 7.**

**Quadro 16:** Resumo da descrição de Pedotúbulos

| Forma Externa              | Fábrica Interna |                             | Composição Interna | Individualização                    | Origem      | Evolução      | Sobreposição de preenchimento | Contraste        |
|----------------------------|-----------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------------------|-------------|---------------|-------------------------------|------------------|
|                            | Tipo            | Densidade                   |                    |                                     |             |               |                               |                  |
| Tubular simples / alongada | Isotúbulos      | Densa completa e incompleta | Ferri-argilãs      | Fracamente e discretamente adesivas | Paratúbulos | Preenchimento | Sem                           | Moderado e forte |

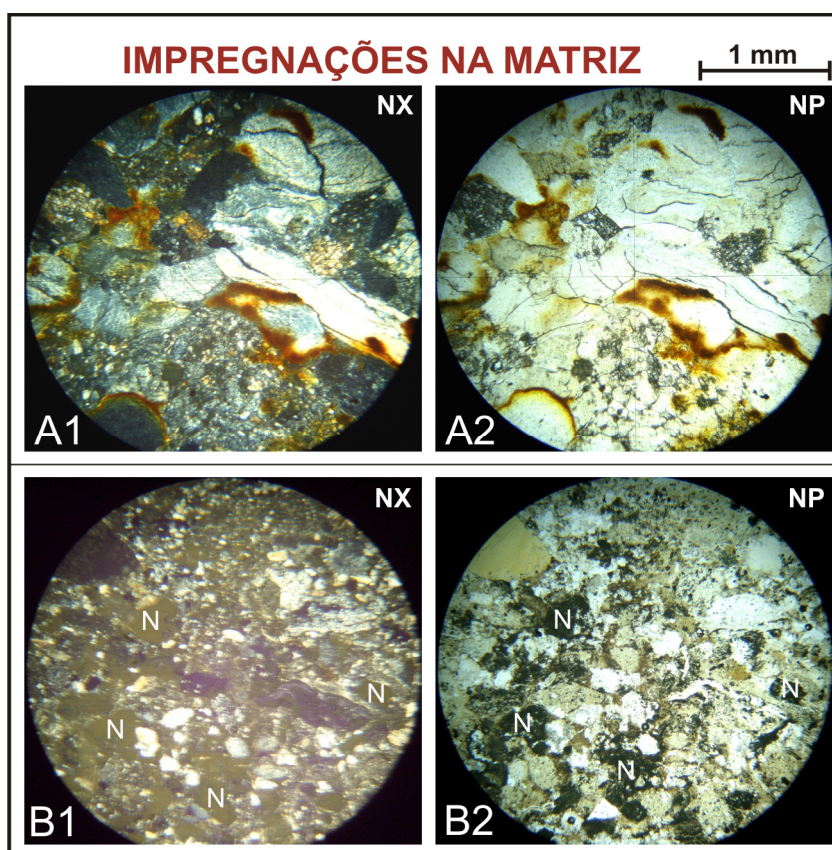
**Quadro 17:** Resumo da descrição de Cutãs

| Tipo de cutã |                | Forma de Revestimento                    | Natureza do Constituinte | Contraste        | Limites do Contato     | Fábrica Interna                                |                       |                           | Classificação       |           |
|--------------|----------------|--|--------------------------|------------------|------------------------|--|-----------------------|---------------------------|---------------------|-----------|
|              |                |  |                          |                  |                        | Laminação                                      | Extinção              | Grau de orientação        | Morfológica         | Genética  |
| 1            | De poro e grão | Típico e crescente                       | Ferri-argilãs            | Moderado a forte | Muito nítido a difuso  | Não laminado, microlaminado laminado e acamado | Muito Nítida a difusa | Forte a fraca             | Simples e complexos | Iluviação |
| 2            | De poro e grão | Típico e crescente                       | Ferri-argilãs            | Moderado a forte | Muito nítido a difusos | Não laminado e laminado                        | Nítida a ausente      | Fraca e não resolvível    | Simples             | Iluviação |
| Tensão       | De grão        | Típico, crescente, pendente e capeamento | Ferri-argilãs            | Leve a moderado  | Nítido e difuso        | Não laminado e microlaminado                   | Nítida e difusa       | não resolvível a moderada | Simples             | Estresse  |



### III) Nódulos

Em geral foram observados nódulos em todas as unidades com frequência muito baixa ( $< 5\%$ ) (**Figura 69**). São caracterizados por morfologia típica, grau de impregnação pura e forte, com contraste moderado e forte. Apresentam-se discretamente e fracamente adesivos e nítidos. Nas unidades 6 e 7 ocorrem também freqüentes concentrações de plasma, ora constituídas de óxidos e hidróxidos de Ferro, (**Figuras 55, 56 e Figura 69: A1 e A2**), ora constituídas de material opaco, visíveis apenas microscopicamente (**Figura 69: B1 e B2**). As concentrações acima descritas necessitam, ainda, posteriormente, de análise química.



**Figura 69: Fotomicrografias (em 40X) das impregnações observadas na matriz. Em A1 e A2 ocorrem impregnações de óxidos e hidróxidos de ferro (cor marrom). Em B1 e B2 ocorrem impregnações de material preto amorfo (N).**

Em relação à origem, os nódulos ricos em frações solúveis do plasma (por exemplo, hidróxidos de ferro) são provavelmente formados por acreção de concentrações plásmicas. Todos os tipos de nódulos acrecionais são formados *in situ*, mas podem ser transportados posteriormente. Os nódulos “típicos” (**Figura 62**) geralmente são correlacionados a materiais herdados (BREWER, 1964).

#### ***IV) Feições Herdadas – Pedorrelíquias e Litorrelíquias***

As ***pedorrelíquias*** observadas são freqüentes (15-30%) na ***unidade 5***. Nas unidades 6 e 7 apresentam freqüência muito baixa. São caracterizadas por fábrica típica e irregular, com grau de impregnação pura e forte. Apresentam grau de adesão fraco a moderado (muito nítidos e difusos), com contraste variando de fraco a forte. Pelas características observadas em campo, têm sido consideradas como fragmentos do paleossolo soterrado na ***unidade 4***.

Três tipos de ***litorrelíquias*** foram encontrados nas unidades 5, 6 e 7: ***a)*** Fragmento de Rocha Intemperizadas (sem identificação devido ao intemperismo sofrido) – ocorrem com freqüência muito baixa em todas as unidades. São constituídas de fábrica típica e irregular, com grau de impregnação forte a moderado. Apresentam-se de forma muito nítidas, discretamente adesivas e com contraste moderado; ***b)*** Fragmentos de Rocha Intemperizada de origem vulcânica, rica em quartzo e feldspato – ocorrem em todas as unidades com freqüência muito baixa a baixa, apresentando fábrica interna típica e externa irregular. Apresentam grau de impregnação é forte e contraste moderado. São nítidas e discretamente adesivas; ***c)*** Fragmentos de Rocha Vulcânica com textura microcristalina – ocorrem com freqüência muito baixa em todas as unidades, apresentando fábrica típica e irregular, impregnação forte e contraste moderado. São fracamente adesivas e nítidas.

O **Quadro 18** mostra o resumo da descrição dos nódulos, pedorrelíquias e litorrelíquias observados nas ***unidades 5, 6 e 7***. A **Figura 62** (item análise mineralógica) apresenta alguns exemplos dessas feições pedológicas.

Diferentes materiais herdados (litorrelíquias, pedorrelíquias e até alterorrelíquias), com origens possivelmente distintas, derivadas de áreas de topo (cabeceiras de vale) foram misturados e concentrados nas partes mais baixas da paisagem, constituindo as unidades 5, 6 e 7. Essas misturas dão clara evidência do caráter alóctone e do retrabalhamento desses materiais.

**Quadro 18:** Resumo da descrição dos Nódulos, Pedorrelíquias e Litorrelíquias

| <b>Tipo</b>                                     | <b>Origem</b>                     | <b>Tipo</b> | <b>Morfologia Interna</b> | <b>Morfologia Externa</b> | <b>Grau de Impregnação</b>         | <b>Grau de Adesão</b>                     | <b>Nitidez</b>                | <b>Contraste</b>    | <b>Cor</b>   |
|---|-----------------------------------|-------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------------|---|-------------------------------|---------------------|--|
| <b>Nódulos</b>                                  | Orto/<br>concentração<br>plásmica | Amorfa      | Típico                    | Irregular                 | Puro e<br>fortemente<br>impregnada | Discretamente a<br>fracamente<br>adesiva  | Muito<br>nítidos e<br>difusos | Moderado<br>e forte | P e X = preto, amorfo                                    |
| <b>Pedorrelíquias<br/>(paleossolo)</b>          | Herdada/<br>pedorrelíquias        | De fábrica  | Típico                    | Irregular                 | Pura e<br>fortemente               | Fracamente a<br>moderadamente<br>adesivas | Difuso a<br>muito<br>nítido   | Fraco a<br>forte    | P= (7,5YR4/6),<br>X=(2,5Y4/6)                            |
| <b>Litorrelíquias<br/>(FRI)</b>                 | Herdada /<br>litorrelíquias       | De fábrica  | Típico                    | Irregular                 | Fortemente                         | Fracamente                                | Nítidos                       | Moderado            | Preta  |
| <b>Litorrelíquias<br/>(FRI + Qz e Fp)</b>       | Herdada<br>Litorrelíquias         | De fábrica  | Típico                    | Irregular                 | Fortemente                         | Discreta                                  | Nítidos                       | Moderado            | P = amarelo-claro-<br>acinzentado (5Y7/3),<br>e X= preto |
| <b>Litorrelíquias (FRV<br/>microcristalina)</b> | Herdada/<br>litorrelíquias        | De fábrica  | Típico                    | Irregular                 | Fortemente e<br>moderadamente      | Discretamente a<br>fracamente<br>adesiva  | Muito<br>Nítidos              | Moderado            | P= cinza-escuro<br>(N4/1) e X=amarelo<br>(5Y8/6)         |

#### 9.4.4 Balanço Parcial da Análise Micromorfológica

Em resumo, a análise micromorfológica das unidades 5, 6 e 7 permitiu a constatação de desenvolvimento de processos pedológicos, identificou diversidade de materiais transportados, caracterizou e classificou material alterado, estabeleceu classificação textural e identificou processos deposicionais e pós-deposicionais.

O microfissuramento pós-deposicional observado tem sido interpretado como desenvolvimento de pedalidade. Ocorre processo de translocação entre horizontes de solo e os depósitos, de substâncias como óxidos e hidróxidos de ferro (responsáveis pelas concentrações iluviais) e óxidos de manganês (relacionada à cimentação das microfissuras interagregadas). Embora esse processo seja complexo (envolve substâncias diferentes) e tenha origem diversificada (por exemplo: gravidade, capilaridade, ou como consequência da expansão e da contração do material do solo) (BREWER, 1964), foi identificado na análise pelo preenchimento de vazios.

A alteração pós-deposicional ocorrida *in situ* transformou totalmente diferentes frações granulométricas e materiais em argilo-minerais secundários. O grau de alteração observado é semelhante ao que ocorre em alteritas profundas. A compactação desse material, mecanicamente mais frágil, favoreceu o desenvolvimento de fissuras e a translocação de soluções entre o depósito e os horizontes de solo.

A análise detalhada dos materiais permitiu identificar processos sedimentares na formação das unidades 5, 6 e 7. A mistura de materiais de diferentes origens, transportados em fluxos fluidos e densos, confirma a presença de depósito colúvio-aluvial durante o Holoceno na área de estudo. Eventos da constituição das unidades 5, 6 e 7 podem ser inferidos: inicialmente as unidades foram formadas pela deposição de material colúvio-aluvial gerados por fluxos gravitacionais difusos. Materiais detríticos (fragmentos de rocha, grãos minerais e materiais com alteração incipiente) são transportados de áreas mais elevadas da encosta, formando o depósito através de pulsos sedimentares diversificados em provável ambiente de leque aluvial. Constituído o depósito (unidades 5, 6 e 7), processos de intemperismo



tiveram forte atuação na modificação do depósito. Observa-se que ocorre uma lacuna temporal, onde se nota o avanço da alteração (e intemperismo) em quase todos os constituintes, transformando os produtos primários em argilo-minerais. Posteriormente, ocorre processo de separação que gera microfissuras, que em seguida são preenchidas por material opaco (óxidos de manganês e ferro?).

## **10. INTERPRETAÇÃO DE DEPÓSITOS DE CABECEIRA DE VALE NA ÁREA DE ESTUDO**

A perspectiva de estudo de depósitos de encosta a partir da caracterização macro e microscópica das unidades e estruturas sedimentares adotada neste trabalho, como base para o reconhecimento das condições dos eventos deposicionais, contribuiu para a compreensão da evolução da baixa encosta no Cerro do Touro, Campo Alegre (SC).

Os métodos utilizados ajudaram a caracterizar as unidades e os processos deposicionais, dando contribuição para a formulação de hipóteses relacionadas, principalmente, à gênese dos depósitos holocênicos. Ao contrário do que têm sido publicado no Brasil sobre depósitos de encosta, diferentes unidades estratigráficas foram diferenciadas litologicamente em depósito colúvio-aluvial. A análise textural permitiu identificar o ambiente de sedimentação tanto da seqüência pleistocênica (unidades 2, 3 e 4) quanto da holocênica (unidades 5, 6 e 7). O resultado desta análise caracterizou as unidades com grau de descrição mais detalhado do que as descrições de campo, apoiando hipóteses coerentes sobre o ambiente sedimentar estudado.

A ocorrência de variação textural entre as unidades sedimentares com diferentes padrões de sedimentação e diversidade de clastos, principalmente, de material transportado (litorrelíquias e pedorrelíquias) tipifica material coluvial. No entanto, as estratificações formadas pela alternância de lentes finas (lamosas) e grossas (arenosas e cascalhosas) com laminações diversas, sugerem material aluvial. As laminações observadas revelam alternância de processos relacionados a condições hidráulicas distintas. Condições de baixa energia foram responsáveis pela deposição de lentes de sedimentos finos (predominantemente lamosos), e condições de fluxos concentrados e mais vigorosos pela deposição de lentes de sedimentos grossos, principalmente arenosos e cascalhosos. A diversidade dos fluxos tem sido relacionada à variação no regime hidrológico. A mudança de direção

no caimento aparente das subunidades sugere que diferentes setores da encosta contribuíram para a formação desses depósitos. O padrão multiepisódico desses depósitos holocênicos é interpretado como evidência de clima relativamente mais seco durante o Holoceno Médio, provavelmente associado a regime climático com longa estação seca (OLIVEIRA et al., 2008).

As análises das unidades holocênicas sugere período prolongado de erosão em encosta local, com indícios de aprofundamento da erosão sobre o manto de intemperismo, atravessando solos e chegando à rocha alterada. Ao final da seqüência holocênica, ocorre carreamento de clastos de calibre maior, provavelmente associado a precipitações de maior intensidade, com volumes maiores de água acumulada. Inicialmente, a erosão dos horizontes A e B serviu de fonte de material para constituição da unidade 5 que, por ser constituída de materiais anteriormente próximos a superfície e sob efeito da pedogênese, quase não apresenta alterorelíquias. As unidades 6 e 7 foram constituídas (encosta abaixo) conforme a erosão foi se aprofundando no manto de intemperismo (em áreas mais elevadas da encosta). Com a provável erosão da encosta, o solo foi erodido e posteriormente depositado em leque aluvial. Imagina-se que voçorocas tenham sido criadas e se aprofundaram cada vez mais, alcançando o manto de intemperismo na medida em que o processo avançou.

Detalhamentos do processo acima descrito foram aferidos dos resultados da análise textural e micromorfológica. O aumento da variação do grau de esfericidade (**Figura 60**, página 159) e rugosidade (**Figura 61**, página 160) entre grãos minerais e alterorelíquias para as unidades mais recentes, sugere maior tempo de exposição e retrabalhamento destes materiais. Quando maior o tempo de exposição desses materiais, maior seria a probabilidade de os grãos e alterorelíquias assumirem morfologia variada, devido à possível atuação do intemperismo e por retrabalhamento por fluxos de transporte até sua fixação no depósito aluvial (nas partes mais baixas da encosta).

A variação na composição do esqueleto entre as unidades (**Quadro 11**, página 163) também reforça a hipótese acima. Na unidade 5 observa-se o predomínio de grãos de quartzo. Levando em consideração que esse depósito tenha sido gerado por erosão de solo na área fonte, tal como formulado anteriormente, o

predomínio de quartzo implicaria transformação de alterorelíquias em grãos individuais, permanecendo apenas os minerais mais resistentes. A pequena porcentagem de alterorelíquias provavelmente derivou da transformação pedogenética que teria afetado o solo original. Nas unidades 6 e 7 nota-se o aumento na frequência de alterorelíquias, provavelmente associada ao avanço da erosão (na área fonte) atingindo o manto de alteração (horizonte C).

O predomínio em todas as unidades de distribuição relativa porfírica contrasta com o trabalho realizado por Ferreira e Oliveira (2006) na localidade do Quero-quero, Palmeira (PR), em ambiente semelhante, de leque aluvial em baixa encosta. Esse trabalho apresentou resultado muito variado de distribuição relativa (porfírica, mônica, enáulica e quitônica) e levanta uma questão: Porque os tipos de distribuição relativa observados naquele depósito recente (30 anos) não foram observados em depósitos holocênicos? Duas hipóteses podem ser sugeridas: a) não necessitam ocorrer com as variações na distribuição relativa como observadas no Quero-quero ou b) podem ocorrer e desaparecer devido a processo diagenético (pedogênese), sugerindo transformações pós-deposicionais. Esta hipótese é a mais convincente, segundo os resultados da análise micromorfológica (plasma, alteração, etc.).

Evidências de sedimentação e de pedogênese desde Pleistoceno Superior, revelaram mudanças de padrão hidrológico local. O Pleistoceno teria sido caracterizado por ambientes de baixa energia propício à formação de depósito paludial (unidade 2) e por pedogênese para a formação de horizontes húmicos. A seqüência pleistocênica é caracterizada pela alternância de períodos de erosão e sedimentação e períodos de pedogênese em ambiente no qual o lençol freático teria permanecido em nível relativamente elevado, condicionando o desenvolvimento de condições propícias ao hidromorfismo. Essas condições teriam prevalecido durante período correlacionado ao interestádio do EIM 3, ou EIM 4, (Unidade 2), ao final do qual, condições de maior déficit hídrico teriam prevalecido com formação de horizonte A moderado (Unidade 4).

Entre o EIM 3 e o Holoceno ocorrem evidências de predomínio do escoamento superficial como principal agente morfogenético (OLIVEIRA et al., 2008). Observam-se variações no regime hidrológico através de escoamentos difusos com diferentes intensidades. Fluxos densos, provavelmente relacionados a

chuvas concentradas em ambiente seco, formam a unidade 5. Em seguida, a diminuição da intensidade do escoamento constitui a unidade 6 texturalmente mais fina (lamosa e arenosa). Por último, ocorre progressivamente aumento da intensidade do escoamento, pela deposição de sedimentos predominantemente grossos, constituindo a unidade 7. Ambientes de leques aluviais geralmente são correlacionados a períodos secos, com chuvas concentradas que geram fluxos de alta energia, constituindo principalmente depósitos cascalhosos. O padrão sedimentológico com intercalação de finos e grossos tem sido correlacionado à variação do regime hidrológico em áreas de vertente exposta e com pouca vegetação.

Os resultados desse estudo sugerem que a evolução do relevo local foi marcada por episódios de pedogênese e de morfogênese que coincidem com eventos associados a mudanças climáticas globais e hemisféricas do Pleistoceno Superior (OLIVEIRA et al., 2008). Registros polínicos (BEHLING et al., 2004) sugerem que no período em questão o Sul do Brasil se encontrava sob a influência de temperaturas médias inferiores às atuais. Em geral, períodos de resfriamento global da atmosfera (estádios glaciais) implicariam clima mais seco ou árido em áreas tropicais e subtropicais, enquanto períodos de aquecimento global (estádios interglaciais e interestádios) implicariam clima mais úmido. Entretanto, o depósito paludial rico em matéria orgânica (unidade 2) e o paleossolo húmico (unidade 4) não poderiam desenvolver-se na área de estudo em ambiente seco. Esses solos necessitam de condições de saturação por água durante vários meses ao ano para desenvolver-se (SHOTYK 1991), que sugerem o predomínio de condições climáticas locais relativamente úmidas, mesmo durante os períodos mais frios do último estágio glacial.

A dinâmica alternada de períodos de morfogênese e de pedogênese pode ser atribuída à existência de zonas de saturação superficiais nas cabeceiras de vale, assim como, à configuração topográfica, ao ambiente local relativamente úmido, às baixas temperaturas e às taxas de evaporação relativamente baixas. Essas seriam as condições do ambiente para desenvolvimento tanto de solo durante os períodos de estabilidade ambiental, quanto da erosão e sedimentação relacionada ao escoamento superficial do entre o Pleistoceno Superior e o Holoceno Médio (Oliveira et al. 2006).

## 11. CONCLUSÃO

Segundo os objetivos propostos, destacam-se como resultado: **a)** a análise e caracterização macro e microscópica das unidades sedimentares encontradas nas sessões estratigráficas. Diferentes unidades estratigráficas e estruturas sedimentares foram caracterizadas texturalmente, possibilitando a definição do provável ambiente sedimentar. **b)** a definição de parâmetros texturais e micromorfológicos permitiu interpretar processos deposicionais e pedogenéticos na área de estudo. Parâmetros como arredondamento, esfericidade, composição mineralógica, tipos de estrutura sedimentar e textura favoreceram a interpretação de processos sedimentológicos. O uso da micromorfologia de solos foi eficaz na identificação do desenvolvimento de pedalidade e alteração dos materiais observados. **c)** a aplicação da terminologia da micromorfologia de solos à interpretação de processos sedimentológicos não pode ser avaliada e ficou restrita, neste estudo, à caracterização de processos pedogenéticos. Os padrões de distribuição (principalmente relativa) e orientação apresentaram resultado pouco variado. **d)** a utilização de dados sedimentológicos e micromorfológicos indica mudança paleoidrológica associada aos depósitos estudados. Ambos os dados foram complementares para a interpretação do ambiente sedimentar. A análise micromorfológica possibilitou inferências sobre o avanço da erosão na área fonte e sobre a atuação de processos diagenéticos nos depósitos constituídos (baixa encosta).

Os resultados apresentados revelam registros importantes de adaptações de cabeceiras de vale a mudanças ambientais datadas do Pleistoceno Superior e do Holoceno Médio. No geral, com base tanto no registro pleistocênico quanto no holocênico, as interpretações paleoidrológicas para a área do estudo avançaram e ressaltaram a definição de cabeceiras de vale como fontes para a formação do escoamento superficial, que aparenta ser o principal agente de modificação do relevo na área do estudo.

Levando em consideração os resultados obtidos pode-se concluir que todos os objetivos propostos foram alcançados. De fato, do uso de análises microscópicas

e macroscópicas propiciou a caracterização processos deposicionais e contribuiu para interpretações paleoambientais em área de cabeceira de vale, no Planalto de São Bento do Sul, Campo Alegre (SC). A utilização da micromorfologia de solos constituiu importante técnica de caracterização de processos deposicionais em ambiente de encosta. A individualização de unidades sedimentares contribuiu para explicar a gênese das estruturas observadas e favoreceu na formulação de hipóteses passíveis de serem aplicadas à interpretação paleoidrológica. Com base nos resultados obtidos, a utilização da análise micromorfológica a essa linha de investigação parece promissora.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABER, JAMES S. **Climatic History of the Earth**. Lecture 19. Emporia State University. Disponível em: <http://www.academic.emporia.edu/aberjame/ice>. Acesso em: 11/05/2007.
- AGUILAR, J.; FERNÁNDEZ, J.; STOOPS, G.; DORRONSORO, C. & DORRONSORO, B. **Micromorfografía de suelos: Programa interactivo multimedia para el autoaprendizaje de la descripción de láminas delgadas de suelos**. Universidade de Granada. Disponível em: <http://www.edafologia.ugr.es/micgraf/index.htm>. Acesso em: 30/01/2003.
- ALLEN, J. R. L. **Desenvolviments in Sedimentology: Sedimentay Structures their Character and Physical Basis**. Elsevier, n. 30, v. 1, 1984. 593p.
- ALLABY, A. & ALLABY, M. **Dictionary of Earth Sciences**. Oxford Universit Press. New York. 2ª Ed. 1999. 619p.
- BEHLING H.; PILLAR V. DEPATTA; ORLOCI L. & BAUERMANN S. G. Late Quaternary Araucaria forest, grassland (Campos), fire and climate dynamics, studied by high-resolution pollen, charcoal and multivariate analysis of the Cambara do Sul core in southern Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**. 203 (2004) 277-297.
- BEHLING H. Late Quaternary vegetation, climate e fire history of the Araucaria forest and campos region from Serra Campos Gerais Paraná State (Southern Brazil). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**. 97 (1997) 109-121.
- BERTRAN P. & JOMELLI V. Post-glacial colluvium in western Norway: depositional processes, facies and palaeoclimatic record. **Sedimentology**. Vol. 4, pp.1053-1068, 2000.
- BERTRAN, P. & TEXIER, J. P. Facies and Microfacies of slope deposits. **Catena**, v. 35, p. 99-121, 1999.



- BIGARELLA, J. J. & MOUSINHO, M. R. Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvio e várzeas. **Boletim Paranaense de Geografia**. v. 16 n.7, p.153-197, 1965.
- BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R. & SILVA J. X. Considerações a Respeito da Evolução das Vertentes. **Boletim Paranaense de Geografia**. v.16, n.17, p.84-116, 1965a.
- BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R. & SILVA J. X. Pediplanos, Pedimentos e seus Depósitos Correlativos no Brasil. **Boletim Paranaense de Geografia**. v.16 n.17, p.117-151, 1965b.
- BIONDI J. C., BARTOSZEK M. K., VANZELA G. A. Controles geológicos e geomorfológicos dos depósitos de caulim da bacia de Campo Alegre (SC). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 31, n.1, p.13-20, 2001.
- BIONDI, J. C.; VASCONCELLOS, E. M. G. & VANZELA, G. A. Estudo comparativo entre os minérios da mina Bateias e de outras minas da região de Campo Alegre (Santa Catarina). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 32, n.2, p. 245-254, 2002.
- BLUM, M. D. & TÖRNQVIST, T. E. Fluvial responses to climate and sea-level change: a review and look forward. **Sedimentology**, n. 47, p. 2-48, 2000.
- BRASIL, J. W. **Contribuição de levantamentos topográficos planialtimétricos para estudos de evolução geomorfológica**. Trabalho de Conclusão de Curso em Geografia. UFSC. Florianópolis, 2004.
- BREWER, R. **Fabric an mineral analysis of soils**. In: Robert E. Krieger Publishing Company (Ed.), New York, 1964. 482p.
- BREWER, R. The Basis of Interpretation of Soil Micromorphological data. **Geoderma**. v. 8, p. 81-94, 1972.
- BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G. & TURSINA, T. **Handbook of soil thin section description**. Waine Reserch, Albrington, United Kindon, 1985. 182p.

- CAMARGO FILHO, M. **O Significado Paleoambiental da Seqüência Pedosedimentar em Baixa Encosta: Um Caso dos Paleossolos Monjolo – Lapa – PR.** Tese de Doutorado em Geografia. UFSC, Florianópolis, 2005. 318p.
- CAMARGO, G. **O Significado Paleoambiental de Depósitos de Encosta e de Preenchimento de Canal no Município de Lapa (PR) no Sul do Segundo Planalto Paranaense.** Tese de Doutorado em Geografia. UFSC, Florianópolis, 2005. 297p.
- CAMPBELL, C. V. Lamina, Laminaset, Bed and Bedset. **Sedimentology**. V. 8. 1967, p. 7-26.
- CASSET, V. 2007. Geomorfologia. Disponível em: <http://www.funape.org.br/geomorfologia/>. Acesso em: Fevereiro de 2007.
- CASTRO, S. S. **Impregnação de amostras de solo para confecção de lâminas delgadas.** Boletim informativo da Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, Campinas, São Paulo, 1985. 133p.
- CASTRO, S. S. **Micromorfologia de Solos – Pequeno guia para descrição de lâminas delgadas.** Universidade Federal de São Paulo, 1989. 90 p.
- CASTRO, S. S. **Micromorfologia: Base para descrição de lâminas delgadas.** UFG (IESA – Goiânia); UNICAMP (IG – DGEO – Campinas). 2002. 135p.
- CATT, J. A. Paleopedology manual. **Quaternary International**, v. 6, p. 1-95, 1990.
- CITRONI S. B.; BASEI M. A. S.; SIGA JR. O. & NETO, J. M. R. Volcanism and Stratigraphy of the Neoproterozoic Campo Alegre Basin, SC, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. Vol. 73, n.4, 2001. 17p.
- COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S. B. (Org.). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1994, p. 93-144.
- COLLINSON, J. D. & THOMPSON, D. B. **Sedimentary structures**. 2. ed. London: Chapman & Hall, 1989. 207 p.

- CONYBEARE, C. E. B. & CROOK, K. A. W. **Manual de Sedimentary Structure. Department of National Development & Energy.** Bureau of Mineral Resources, Geology and geophysics. Bulletin 102. 1982.
- COSANDEY, C. & OLIVEIRA, M. A. T. Surfaces saturées, surfaces contributives: localisation et extension dans l'espace du bassin versant. **Journal des Sciences Hydrologiques**, 41 (5), p. 751-761, 1996.
- COUTO, D. L. M.; DE FREITAS, M. M.; COUTINHO, B. H. & DE FREITAS L. E. Geometria de Encosta e Declividade como Parâmetro para Risco de Deslizamento. **Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada.** USP. Setembro de 2005. 14p.
- CURI, N.; LIMA, P.C.; LEPSCH, I. F. **Terminologia de micromorfologia do solo.** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.10, p.34-43, 1975.
- DE OLIVEIRA, P. E.; BEHLING H.; LEDRU, M.; BARBERI, M.; BUSH, M.; SALGADO-LABORIAL, M. L.; GARCIA, M. J.; MEDEANIC, S.; DE BARROS, M. A.; SCEHEEL-YBERT, R. Paleovegetação e Paleoclimas do Quaternário do Brasil. In: SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; DE OLIVIERA, P. E. (eds.). **Quaternário do Brasil.** Ribeirão Preto, Ed. Holos. p. 53-74, 2005.
- DELVIGNE J. E. **Atlas of Micromorphology of Mineral Alteration and Weathering.** Canadian Mineralogist, Ottawa, Ontario, 1998. 509 pp.
- DIETRICH, W. E. & DUNNE, T. **The channel head.** In: BEVEN, K & KIRKBY, M. J. (Eds.). Channel network hydrology. John Wiley e Sons Ltd, p. 175-219, 1993.
- FERNANDES, N. F. **Hidrologia Subsuperficial e Propriedades Físico-Mecânicas dos “Complexos de Rampa” – Bananal (SP).** Tese de Doutorado em Geologia, UFRJ, Rio de Janeiro, 1990. 151p.
- FERREIRA, G. M. S. S. **Utilização de Dados Sedimentológicos e Micromorfológicos como Indicadores de Mecanismos Depositionais.** Relatório Técnico de Subprojeto de Bolsa de Apoio Técnico CNPq da Universidade Federal de Santa Catarina. 2006. 51p.

- \_\_\_\_\_. **Caracterização de Microestruturas Sedimentares de Ambiente de Encosta através da Análise Micromorfológica.** Trabalho de Conclusão do Curso em Geografia. UFSC, Florianópolis, 2004. 61p.
- FERREIRA, G. M. S. S. & OLIVEIRA, M. A. T. **Aplicação da Micromorfologia de Solos ao Estudo de Sedimentos Aluvio-Coluviais em Cabeceiras de Vale.** Revista Pesquisas em Geociências, Vol. 33 (2), pp. 3-18, 2006.
- FITZPATRICK, E. A. **Micromorphology of Soils.** Nova York: Chapman and Hall, 1984. 433p.
- FLEMMING, B. W. **A revised textural classification of gravel-free muddy sediments on the basis ternary diagrams.** Continental Shelf Research, n 20, 2000. p. 1125-1137.
- FOLK, R. L. **Petrology of Sedimentary Rocks.** Austin, University of Texas Publication, 1968, 170p.
- FRANCHI, J. G.; SÍGOLO, J. B. & DE LIMA J. R. B. Turfa utilizada na recuperação de áreas mineradas: metodologia para avaliação laboratorial. **Revista Brasileira de Geociências.** Vol. 33(3), pp. 255-262, 2003.
- GUERRA, A. T. **Dicionário geológico-geomorfológico.** 5ª edição. Rio de Janeiro, IBGE, 1978. 466p.
- GUERRA, A. J. T; SILVA, A. S. & BOTELHO, R. G. M. **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos Temas e Aplicações.** Ed. Bertrand Brasil. 1999. 339p.
- HARMS, J. C., SOUTHARD, J. B. & WALKER, R. G. **Structures and sequences in Clastic Rocks.** Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Dallas. Short Course Notes 9. 1982.
- IBGE. **Manual técnico de pedologia.** Série Manuais Técnicos em Geociências, número 4. Rio de Janeiro, 1995.
- IRIONDO M. Climatic changes in the South American plains: Records of a continent-scale oscillation. **Quaternary International.** Vol. 57-58, pp. 93-112, 1999.

- KLEIN R. M. **Fitogeografia do Estado de Santa Catarina**. Anais da Reunião do Grupo Técnico Regional do Cone Sul em Melhoramento e Utilização dos Recursos Forrageiros das áreas Tropical e Subtropical, Lages, EMPASC, p.26-52. 1989 (CD-ROM).
- KRUMBEIN, W. C. Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles. **Journal of Sedimentary Petrology**, 11, p. 64-72, 1941.
- LATRUBESSE, E. M.; STEVAUX, J. C.; DOS SANTOS, M. L.; ASSINE, M. L. Grandes Sistemas Fluviais: Geologia, Geomorfologia e Paleoidrologia. In: SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; DE OLIVIERA, P. E. (eds.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto, Ed. Holos. p. 276-297, 2005.
- LEDRU, M.; BRAGA, P. I. S.; SOUBIÈS, F.; FOURNIER, M.; MARTIN, L.; SUGUIO, K. & TURCQ, B. The last 50,000 years in the Neotropics (Southern Brazil): evolution of vegetation and climate **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**. Vol. 123, p.239-257, 1996.
- LIMA, G. L. **Caracterização de solos coluviais em área de cabeceiras de drenagem: cerro do Touro, Campo Alegre – SC**. Trabalho de Conclusão de Curso. UFSC, Florianópolis, 2002. 32p.
- \_\_\_\_\_. **Caracterização Pedostratigráfica de Depósito de Encosta e de Vale, Localidade de Cerro do Touro, Campo Alegre, Estado de Santa Catarina**. Dissertação de Mestrado em Geografia. UFSC, Florianópolis, 2005. 123p.
- LUCCI, F. R. Sedimentografia. Atlante fotografico delle strutture dei sedimenti. Zanichelli, Bologna. 1992. 249p.
- MADEIRA, C. V. & BORGHI L. **Estrutura dos Depósitos Sedimentares Quaternários da Bacia Hidrográfica do Rio Santana, Miguel Pereira, Estado do Rio de Janeiro**. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ; Vol. 22, 15p. 1999.
- MCFADDEN, L. D.; MCAULIFFE, J. R. Lithologically influenced geomorphic responses to Holocene climatic changes in the Southern Colorado Plateau,

- Arizona: A soil-geomorphic and ecologic perspective. **Geomorphology**, n. 19, pp. 303-332, 1997.
- MEIS, M. R. M. & MOURA, J. R. S. Upper Quaternary Sedimentation and Hillslope Evolution: Southeastern Brazilian Plateau. **American Journal of Science**. Vol. 284, p. 241-254, 1984.
- MELO, M. S.; CLAUDINO-SALES, V.; PEULVAST, J.; SAADI, A.; MELLO, C. L. Processos e Produtos Morfogenéticos Continentais. In: SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; DE OLIVIERA, P. E. (eds.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto, Ed. Holos. p. 258-275, 2005.
- MELLO, C. L. **Fácies Sedimentares, Arquitetura Depositional e Relações Morfoestratigráficas em um Sistema de Leques aluviais Holocênicos: Aloformação Manso – Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP-RJ)**. Tese de Doutorado em Geologia, UFRJ, Rio de Janeiro, 1992. 188p.
- MENDES, J. C. **Elementos de Estratigrafia**. São Paulo: EDUSP, 1984. 566p.
- MODENESI-GAUTTIERI, M. C. Hillslope Deposits and the Quaternary Evolution of the Altos Campos – Serra da Mantiqueira, from Campos do Jordão to the Itatiaia Massif. **Revista Brasileira de Geociências**. Vol.. 30, n.3, p. 508-514, 2000.
- MOURA, J. R. S. Geomorfologia do Quaternário. In: GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B. (Ed.): **Geomorfologia do Brasil, uma Atualização de Bases e Conceitos**. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, p. 335-364, 1998.
- MOURA, J. R. S. & SILVA, T. M. Complexo de Rampa de Colúvio. In: Guerra, A. J. T. & Cunha, S. B. (Orgs) - **Geomorfologia do Brasil**. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, p. 143-177, 1998.
- MOURA, J. R. S.; PEIXOTO, M. N. O. & SILVA, T. M. Geometria do Relevo e Estratigrafia do Quaternário como base à tipologia de Cabeceiras de Drenagem em Anfiteatro – Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. **Revista Brasileira de Geociências**. Vol. 21, n. 3, p. 255-265, 1991.

- MOURA, R. S. & MELLO, C. L. Classificação Aloestratigráfica do Quaternário Superior na Região do Bananal (SP-RJ). **Revista Brasileira de Geociências**. Vol. 21, n. 3, p. 236-254, 1991.
- MOURA, J. R. S. & MEIS, M. R. M. Contribuição à estratigrafia do Quaternário Superior no médio Vale do Rio Paraíba do Sul - Bananal, SP. **Anais da Academia brasileira de Ciências**. Vol. 58, p. 89-102, 1986.
- MUGGLER C. C. & BUURMAN, P. Erosion, sedimentation and pedogenesis in a polygenetic oxisol sequence in Minas Gerais, Brazil. **Catena**. Vol. 41, pp. 3–17, 2000.
- MUNSELL soil collar chart. Baltimore, **Munsell Collor Company**, 1994.
- NEMEC, W. & KAZANCI, N. Colúvio Quaternário no Oeste da Anatólia: Fácies sedimentares e significância paleoclimática. **Sedimentology**, 1999 (46), 139-170 pp.
- NETTLETON, W. D.; OLSON, C. G.; WYSOCKI, D. A. Paleosol classification: problems and solutions. **Catena**, n.41, p. 93-109, 2000.
- NICHOLS, G. **Sedimentology and stratigraphy**. Londres: Blackwell Science. 1999. 355p.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro, IBGE. p.195-265, 1989.
- NOWATZKI, C. H.; DOS SANTOS, M. A. A.; LEÃO, H. Z.; SCHUSTER, V. L. L. & WACKER, M. L. **Acta Geológica Leopoldensia**. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS. n. 18 e 19, 1984. p. 432
- OLIVEIRA, M. A. T. **Aplicação da análise microscópica e micromorfológica a estruturas colúvio-aluvionares recentes: aferimento, potenciais e limitações**. Edital Universal CNPq. 2006. 14p.
- \_\_\_\_\_. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: Guerra, A. J. T; Silva, A. S.; Botelho, R. G. M. **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos Temas e Aplicações**. Ed. Bertrand Brasil, 1999. p.57-95.

- OLIVEIRA, M. A. T.; PESSEDA, L. C. R.; BEHLING, H. & LIMA G. L. Stratigraphy of near-valley head quaternary deposits and evidence of climate-driven slope-channel processes in southern Brazilian highlands. **Catena**. v. 75, p. 77-92. 2008.
- OLIVEIRA, M. A. T.; PESSEDA, L. C. R.; BEHLING, H.; LIMA G. L. & FERREIRA, G. M. S. S. **Registro de Mudanças Ambientais Pleistocênicas e Holocênicas em Depósitos de Cabeceira de Vale: Campo Alegre, Planalto Norte Catarinense (SC)**. Revista Brasileira de Geociências, v. 36, p.101-114, 2006.
- OLIVEIRA, M. A. T.; BEHLING, H.; PESSEDA, L. C. R.; LIMA, G. L.; FERREIRA, G. M. S. S. & SANT'ANA, W. O. **Registro de Mudanças Ambientais Pleistocênicas e Holocênicas em Cabeceira de Vale do Planalto Norte Catarinense: Município de Campo Alegre**. X CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO - ABEQUA, Guarapari (ES), p. 1-5, 2005 (CD-ROOM).
- OLIVEIRA, M. A. T. & FERREIRA, G. M. S. S. **Descrição Micromorfológica de Estruturas Sedimentares em Colúvios e Aluviões Recentes**. XLII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Araxá (MG), p. 1-2, 2004 (CD-ROOM).
- OLIVEIRA, M. A. T.; CAMARGO, G.; PAISANI, J. C.; & CAMARGO FILHO, M. **Caracterização paleohidrológica de estruturas sedimentares quaternárias através de análises macroscópicas e microscópicas: do registro sedimentar local aos indícios de mudanças globais**. Pesquisa em Geociências. Vol. 28, n. 2, pp. 183-195, 2001.
- OLIVEIRA, M. A. T. & PEREIRA, K. N. Identificação de Solos Coluviais em Áreas de Cabeceira de Drenagem: Cerro do Touro, Campo Alegre (SC). **Revista GEOSUL**. Vol. 14, n. 27, pp. 476-481, 1998.
- PAISANI, J. C. & OLIVEIRA, M.A.T. **Desenvolvimento de Incisão Erosiva (Voçoroca) Descontínua e Desconectada da Rede Hidrográfica em Área de Cabeceira de Drenagem: O Caso da Colônia Quero-Quero (Palmeira - PR)**. Revista Brasileira de Geociências. Vol. 31, n.1, pp. 51-58, 2001.



- PESSENDA, L. C. R.; GOUVEIA, S. E. M.; DE FREITAS, H. A.; ARAVENA, R.; BENDASSOLLI, J. A.; SIEFEDDINE, A. F. SCHEEL-EBERT, R. Isótopos de Carbono e suas Aplicações em Estudos Paleoambientais. In: SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; DE OLIVIERA, P. E. (eds.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto, Ed. Holos. pp. 75-93, 2005.
- PETTIJOHN, F.J. **Rocas Sedimentarias**. 2.Ed. Trad. Juan Turner. Buenos Aires: Editora Universitaria de Buenos Aires, 1963. 731p.
- REINECK, H. E. & SINGH, I. B. **Depositional Sedimentary Environments**. Berlim: Springer-Verlag. 1980. 543p.
- RICCOMINI, C; GIANNINI, P. C. F. & MANCINI, F. **Rios e Processos Fluviais**. In: In: TEIXEIRA, W, TOLEDO, M. C. M., FAIRCHILD, T. R. & TAIOLI, F. Decifrando a Terra. Oficina de Textos. São Paulo, pp. 167-190. 2001.
- SANT'ANA, W. O.; OLIVEIRA, M. A. T.; LIMA, G. L. & FERREIRA G. M. S. S. **Aplicação da Micromorfologia de Solos na Identificação de Soterramento de Paleossolo Quaternário**. X Congresso da Abequa, Guarapari (ES), p. 1-6, 2005 (CD-ROOM).
- SANT'ANA W. O. **Aplicação da Micromorfologia de Solos na Análise de Soterramento de Paleossolo Quaternário**. Trabalho de Conclusão de Curso em Geografia, UFSC, Florianópolis, 2005. 54 p.
- SANTA CATARINA, Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral, Subchefia de Estatística, Geografia e Informática. **Atlas de Santa Catarina**. Aerofoto Cruzeiro. Rio de Janeiro, 1986.
- SANTOS, C. T. & VIDAL, D. M. **Sistemas Filtrantes para Estabilização de Colúvios – Importância da Estrutura do Solo**. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos, SP. 2003.
- SANTOS, M. do C. & VARAJÃO A. F. D. C. Sedimentation and pedogenic features in a clay deposit in Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. Vol. 76, n. 1, pp. 147-159, 2004.

- SELBY, M. J. Hillslope sediment transport and deposition. In: PYE, K. (Ed.) **Sediment transport and depositional processes**. London: Blackwell Scientific Publications, 1994. 397p.
- SELLEY, R. C. **Applied sedimentology**. Londres: Academic Press Limited, 1988. 446p.
- SHEPARD, F. P. **Nomenclature based on sand-silt-clay ratios**. Journal of Sedimentary Petrology, v. 24, p. 151-158, 1954.
- SHOTYK, W. Organic soils. In: MARTINI, I. P. & CHESWORTH, W. **Weathering, soils and paleosoils**. Amsterdam: Elsevier, 1991. p. 203-224.
- SCHOLLE, P. A. **A color illustrated Guide to Constituents, Textures, Cements and Porosities of Sandstones and Associated rocks**. U. S. Geological Survey. American Association of Petroleum Geologists. Tulsa, Oklahoma, USA. 1981.
- SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 400p.
- \_\_\_\_\_. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**. São Paulo: Paulo's Comunicações e Artes Gráficas, 2001. 336p.
- \_\_\_\_\_. **Dicionário de Geologia Sedimentar e áreas afins**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1998. 1.222p.
- \_\_\_\_\_. **Introdução à Sedimentologia**. (Ed.) Edgard Blücher, USP, 1973. 317p.
- THOMAS, M. F. **Geomorphology in the tropics: a study of weathering and denudation in low latitudes**. John Wiley and Sons Ed. Winchester, England. 460 p., 1994.
- THOMAS, F. M. & THORP, M. B. Geomorphic Response to Rapid Climatic and Hydrologic Change during the late Pleistocene and Holocene in the Sub-humid Tropics. **Quaternary Science Reviews**. Vol. 14, pp. 193-207, 1995.
- THOMAS, M. F.; NOTT, J. & PRICE, D. M. Late Quaternary stream sedimentation in the humid tropics: a review with new data from NE Queensland, Australia. **Geomorphology**. Vol. 39, pp. 53-6, 2001.

- THOMAS, M. F. Landscape sensitivity to rapid environmental change—a Quaternary perspective with examples from tropical areas. **Catena**. Vol. 55, pp. 107–124, 2004.
- TOMAZOLLI, E. R.; FURTADO, S. M. A. & PELERIN, J. M. Aspectos Geológicos da Seqüência Vulcanossedimentar de Campo Alegre. **I Simpósio sobre Vulcanismo e Ambientes Associados**, Gramado, RS. 1999.
- TURCQ, B.; PRESSINOTTI, M. N. & MARTIN, L. Paleohidrology and Paleoclimate of the past 33.000 years at the Tamandua River, Central Brazil. **Quaternary Research**. Vol. 47, pp. 284-294, 1997.
- DONN, W.L. **Meteorologia**. Editorial Reverté. Edicion em Espanõl, Barcelona. 1978. 619p.
- UNB. **Glossário Geológico Ilustrado**. Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. Disponível em: <http://www.unb.br/ig/glossario/index.html>. Acessado em: fevereiro de 2007.
- VAN ANDEL, T. H. **New views on an old planet**: a history of global change. London: Cambridge University Press, 1985. 439 p.
- VELOSO, A. J. G. **Importância do Estudo das vertentes**. UFF. [http://www.uff.br/geographia/rev\\_08/antonio8.pdf](http://www.uff.br/geographia/rev_08/antonio8.pdf). Acesso: 25/01/2007.
- WILSON R. C. L.; DRURY S. A. & CHAPMAN J. L. **The great ice age**. Routledge, London, 2000. 267 p.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1 - TABELAS DE DADOS TEXTURAIS

### Dados da Textura da Unidade 2.

| Am. | Prof. | Grân. | A G  | A M  | A F   | Areias | Silte | >Silte | Argila | Argila / >Silte | Grossos | Lama   |
|-----|-------|-------|------|------|-------|--------|-------|--------|--------|-----------------|---------|--------|
| 1   | 0     | 0,05  | 1,36 | 1,16 | 8,84  | 11,36  | 2,80  | 14,21  | 85,79  | 6,04            | 11,414  | 88,586 |
| 2   | 4     | 0,28  | 1,03 | 0,97 | 8,99  | 10,98  | 4,19  | 15,45  | 84,55  | 5,47            | 11,260  | 88,740 |
| 3   | 8     | 0,00  | 0,96 | 0,99 | 8,25  | 10,20  | 18,26 | 28,46  | 71,54  | 2,51            | 10,204  | 89,796 |
| 4   | 12    | 0,09  | 0,97 | 0,90 | 9,05  | 10,92  | 18,83 | 29,83  | 70,17  | 2,35            | 11,007  | 88,993 |
| 5   | 16    | 0,00  | 1,04 | 0,80 | 8,75  | 10,60  | 2,26  | 12,86  | 87,14  | 6,78            | 10,598  | 89,402 |
| 6   | 20    | 0,21  | 0,61 | 0,90 | 8,08  | 9,58   | 1,95  | 11,74  | 88,26  | 7,52            | 9,793   | 90,207 |
| 7   | 24    | 0,00  | 0,59 | 1,17 | 9,02  | 10,78  | 11,18 | 21,97  | 78,03  | 3,55            | 10,780  | 89,220 |
| 8   | 28    | 0,20  | 1,26 | 1,66 | 8,88  | 11,80  | 9,18  | 21,18  | 78,82  | 3,72            | 12,007  | 87,993 |
| 9   | 32    | 0,00  | 1,15 | 1,41 | 7,54  | 10,09  | 7,41  | 17,50  | 82,50  | 4,71            | 10,093  | 89,907 |
| 10  | 36    | 0,00  | 0,70 | 0,70 | 6,81  | 8,21   | 4,21  | 12,42  | 87,58  | 7,05            | 8,208   | 91,792 |
| 11  | 40    | 0,00  | 0,99 | 0,81 | 6,68  | 8,48   | 5,48  | 13,96  | 86,04  | 6,17            | 8,481   | 91,519 |
| 12  | 44    | 0,12  | 0,89 | 0,82 | 5,75  | 7,45   | 4,63  | 12,21  | 87,79  | 7,19            | 7,578   | 92,422 |
| 13  | 48    | 0,24  | 1,01 | 1,45 | 9,21  | 11,67  | 7,50  | 19,42  | 80,58  | 4,15            | 11,916  | 88,084 |
| 14  | 52    | 0,08  | 0,71 | 1,01 | 6,40  | 8,11   | 3,97  | 12,16  | 87,84  | 7,23            | 8,190   | 91,810 |
| 15  | 56    | 0,00  | 0,29 | 0,28 | 2,35  | 2,92   | 1,20  | 4,12   | 95,88  | 23,27           | 2,919   | 97,081 |
| 16  | 60    | 0,00  | 0,13 | 0,20 | 1,30  | 1,63   | 5,13  | 6,76   | 93,24  | 13,79           | 1,630   | 98,370 |
| 17  | 64    | 0,20  | 0,53 | 0,67 | 4,67  | 5,88   | 11,39 | 17,46  | 82,54  | 4,73            | 6,073   | 93,927 |
| 18  | 68    | 0,00  | 0,56 | 0,88 | 7,35  | 8,79   | 18,79 | 27,57  | 72,43  | 2,63            | 8,789   | 91,211 |
| 19  | 72    | 0,07  | 0,76 | 0,87 | 6,96  | 8,59   | 20,37 | 29,04  | 70,96  | 2,44            | 8,663   | 91,337 |
| 20  | 76    | 0,20  | 1,34 | 3,29 | 15,85 | 20,48  | 12,91 | 33,60  | 66,40  | 1,98            | 20,686  | 79,314 |
| 21  | 80    | 0,14  | 1,60 | 3,41 | 14,65 | 19,66  | 13,07 | 32,86  | 67,14  | 2,04            | 19,795  | 80,205 |
| 22  | 84    | 0,40  | 1,53 | 3,05 | 15,71 | 20,30  | 9,43  | 30,13  | 69,87  | 2,32            | 20,696  | 79,304 |
| 23  | 88    | 0,50  | 1,64 | 2,12 | 15,59 | 19,35  | 10,84 | 30,68  | 69,32  | 2,26            | 19,846  | 80,154 |
| 24  | 92    | 0,26  | 1,28 | 2,24 | 14,03 | 17,55  | 10,40 | 28,21  | 71,79  | 2,54            | 17,808  | 82,192 |
| 25  | 96    | 0,32  | 1,57 | 2,82 | 14,40 | 18,79  | 12,28 | 31,39  | 68,61  | 2,19            | 19,111  | 80,889 |
| 26  | 100   | 0,24  | 1,90 | 3,38 | 15,52 | 20,80  | 12,39 | 33,42  | 66,58  | 1,99            | 21,037  | 78,963 |
| 27  | 104   | 0,53  | 3,57 | 5,06 | 17,06 | 25,69  | 8,57  | 34,78  | 65,22  | 1,87            | 26,217  | 73,783 |
| 28  | 108   | 0,93  | 3,02 | 3,26 | 11,73 | 18,01  | 6,52  | 25,46  | 74,54  | 2,93            | 18,940  | 81,060 |

| Am. | Prof. | Grân. | A G  | A M  | A F   | Areias | Silte | >Silte | Argila | Argila / >Silte | Grossos | Lama   |
|-----|-------|-------|------|------|-------|--------|-------|--------|--------|-----------------|---------|--------|
| 29  | 112   | 0,10  | 1,87 | 1,84 | 14,14 | 17,85  | 10,59 | 28,54  | 71,46  | 2,50            | 17,949  | 82,051 |
| 30  | 116   | 0,05  | 1,73 | 3,12 | 17,58 | 22,43  | 10,34 | 32,82  | 67,18  | 2,05            | 22,477  | 77,523 |
| 31  | 120   | 0,59  | 1,78 | 3,18 | 15,99 | 20,95  | 10,93 | 32,46  | 67,54  | 2,08            | 21,532  | 78,468 |
| 32  | 124   | 0,03  | 1,06 | 2,54 | 14,35 | 17,95  | 21,84 | 39,82  | 60,18  | 1,51            | 17,980  | 82,020 |
| 33  | 128   | 0,48  | 4,23 | 5,10 | 13,31 | 22,64  | 31,88 | 55,00  | 45,00  | 0,82            | 23,115  | 76,885 |
| 34  | 132   | 0,32  | 5,28 | 5,58 | 13,12 | 23,98  | 21,72 | 46,01  | 53,99  | 1,17            | 24,297  | 75,703 |
| 35  | 136   | 0,73  | 4,67 | 6,30 | 14,08 | 25,05  | 16,80 | 42,57  | 57,43  | 1,35            | 25,773  | 74,227 |
| 36  | 140   | 0,44  | 4,15 | 5,48 | 13,58 | 23,21  | 24,91 | 48,55  | 51,45  | 1,06            | 23,642  | 76,358 |
| 37  | 144   | 0,52  | 2,53 | 4,62 | 19,59 | 26,75  | 19,04 | 46,30  | 53,70  | 1,16            | 27,266  | 72,734 |
| 38  | 148   | 0,40  | 4,89 | 7,15 | 17,97 | 30,00  | 18,03 | 48,43  | 51,57  | 1,06            | 30,401  | 69,599 |
| 39  | 152   | 0,00  | 4,10 | 6,41 | 16,30 | 26,81  | 19,83 | 46,64  | 53,36  | 1,14            | 26,815  | 73,185 |
| 40  | 156   | 1,03  | 1,21 | 0,49 | 21,20 | 22,90  | 31,08 | 55,01  | 44,99  | 0,82            | 23,928  | 76,072 |
| 41  | 160   | 0,31  | 1,03 | 0,34 | 25,24 | 26,60  | 27,69 | 54,60  | 45,40  | 0,83            | 26,914  | 73,086 |

#### Dados da Textura das Unidades 3 e 4.

| Amostra | Prof | A M G | A G   | A M   | A F   | A M F | Areias | S G    | S M   | SF/SMF | Siltes | >Silte (Gr) | Arg.   | Lama   | Argila / >Silte |
|---------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|-------------|--------|--------|-----------------|
| Am1     | 0    | 0     | 0,519 | 1,265 | 3,679 | 7,126 | 12,589 | 5,3    | 26,71 | 9,9    | 41,91  | 54,499      | 45,58  | 87,49  | 0,836345621     |
| Am2     | 5    | 0     | 0,615 | 0,991 | 2,44  | 6,96  | 11,006 | 4,792  | 17,83 | 15,37  | 37,992 | 48,998      | 51     | 88,992 | 1,040858811     |
| Am3     | 10   | 0,068 | 0,803 | 1,177 | 2,627 | 5,589 | 8,216  | 6,304  | 19,11 | 10,97  | 36,384 | 44,6        | 53,22  | 89,604 | 1,193273543     |
| Am4     | 15   | 0     | 0,804 | 1,199 | 2,432 | 5,867 | 10,302 | 6,535  | 20,92 | 10,2   | 37,655 | 47,957      | 51,932 | 54,01  | 1,082886753     |
| Am5     | 20   | 0,121 | 0,754 | 0,808 | 0,377 | 1,307 | 3,367  | 9,406  | 25,75 | 10,84  | 45,996 | 49,363      | 50,57  | 96,566 | 1,024451512     |
| Am6     | 25   | 0,499 | 1,032 | 1,113 | 2,072 | 6,345 | 11,061 | 7,986  | 30,99 | 5,11   | 44,086 | 55,147      | 44,69  | 88,776 | 0,810379531     |
| Am7     | 30   | 0,311 | 1,448 | 1,97  | 3,487 | 6,872 | 14,088 | 7,238  | 15,45 | 23,74  | 46,428 | 60,516      | 39,45  | 85,878 | 0,651893714     |
| Am8     | 35   | 0,632 | 1,584 | 1,733 | 3,406 | 6,703 | 14,058 | 7,642  | 30,75 | 3,4    | 41,792 | 55,85       | 44,07  | 85,862 | 0,789077887     |
| Am9     | 40   | 0,761 | 1,72  | 1,115 | 1,081 | 4,814 | 9,491  | 9,533  | 42,05 | 1,71   | 53,293 | 62,784      | 37,08  | 90,373 | 0,59059633      |
| Am10    | 45   | 0,19  | 0,985 | 0,006 | 0,38  | 2,541 | 4,102  | 11,638 | 27,12 | 6,17   | 44,928 | 49,03       | 50,83  | 95,758 | 1,036712217     |

### Dados da Textura das Unidades 5, 6 e 7.

| Sun. | Prof. | Seixo | Grân. | A M G | A G | A M | A F | A M F | Grossos | Silte | Argila | Lama | Cascalho | Areias | Classe Textural |
|------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-------|---------|-------|--------|------|----------|--------|-----------------|
| S75  | 4     | 40    | 20    | 10    | 5   | 3   | 5   | 5     | 88      | 7     | 5      | 12   | 60       | 28     | CA              |
| S74  | 7,5   | 30    | 25    | 10    | 10  | 5   | 2   | 3     | 85      | 7     | 8      | 15   | 55       | 30     | CAL             |
| S73  | 10,5  | 40    | 21    | 6     | 6   | 4   | 4   | 1     | 82      | 10    | 8      | 18   | 61       | 21     | CA              |
| S72  | 15    | 70    | 6     | 5     | 5   | 2   | 3   | 2     | 93      | 2     | 5      | 7    | 76       | 17     | CL              |
| S71  | 18    | 0     | 2     | 21    | 27  | 23  | 8   | 3     | 84      | 5     | 11     | 16   | 2        | 82     | A               |
| S70  | 23,5  | 50    | 20    | 10    | 5   | 2   | 2   | 1     | 90      | 5     | 5      | 10   | 70       | 20     | CA              |
| S69  | 25    | 0     | 1     | 1     | 1   | 3   | 15  | 20    | 41      | 30    | 29     | 59   | 1        | 40     | LA              |
| S68  | 26    | 0     | 2     | 3     | 11  | 6   | 5   | 3     | 30      | 20    | 50     | 70   | 2        | 28     | LA              |
| S67  | 26,5  | 0     | 0     | 0     | 2   | 2   | 2   | 3     | 9       | 30    | 61     | 91   | 0        | 9      | LLA3            |
| S66  | 29    | 2     | 16    | 23    | 12  | 6   | 4   | 5     | 68      | 20    | 12     | 32   | 18       | 50     | AL              |
| S65  | 31,5  | 2     | 3     | 6     | 22  | 6   | 3   | 3     | 45      | 30    | 25     | 55   | 5        | 40     | LA              |
| S64  | 32,5  | 0     | 1     | 5     | 20  | 15  | 6   | 3     | 50      | 20    | 30     | 50   | 1        | 49     | LA              |
| S63  | 33    | 0     | 1     | 2     | 6   | 2   | 2   | 10    | 23      | 30    | 47     | 77   | 1        | 22     | L               |
| S62  | 36    | 7     | 15    | 11    | 11  | 11  | 6   | 2     | 63      | 20    | 17     | 37   | 22       | 41     | ACL             |
| S61  | 38    | 0     | 0     | 5     | 30  | 21  | 11  | 3     | 70      | 20    | 10     | 30   | 0        | 70     | LLA1            |
| S60  | 38,5  | 0     | 0     | 0     | 2   | 10  | 21  | 3     | 36      | 30    | 34     | 64   | 0        | 36     | LA2             |
| S59  | 39    | 0     | 0     | 0     | 50  | 11  | 2   | 1     | 64      | 10    | 26     | 36   | 0        | 64     | AL              |
| S58  | 40    | 0     | 0     | 0     | 0   | 2   | 2   | 3     | 7       | 40    | 53     | 93   | 0        | 7      | LLA3            |
| S57  | 40,5  | 3     | 2     | 3     | 11  | 23  | 16  | 1     | 59      | 25    | 16     | 41   | 5        | 54     | AL              |
| S56  | 41    | 0     | 0     | 0     | 0   | 1   | 2   | 5     | 8       | 20    | 72     | 92   | 0        | 8      | LLA4            |
| S55  | 43,5  | 0     | 1     | 2     | 41  | 21  | 11  | 5     | 81      | 10    | 9      | 19   | 1        | 80     | A               |
| S54  | 45,5  | 0     | 0     | 1     | 0   | 1   | 2   | 3     | 7       | 40    | 53     | 93   | 0        | 7      | LLA3            |
| S53  | 48,5  | 0     | 0     | 0     | 1   | 2   | 2   | 3     | 8       | 40    | 52     | 92   | 0        | 8      | LLA3            |
| S52  | 51    | 0     | 0     | 0     | 0   | 0   | 1   | 1     | 2       | 30    | 68     | 98   | 0        | 2      | LA3             |
| S51  | 52    | 1     | 2     | 2     | 6   | 4   | 6   | 2     | 23      | 20    | 57     | 77   | 3        | 20     | L               |
| S50  | 54    | 0     | 4     | 4     | 8   | 13  | 15  | 8     | 52      | 20    | 28     | 48   | 4        | 48     | LA              |
| S49  | 57    | 1     | 3     | 6     | 11  | 5   | 4   | 5     | 35      | 20    | 45     | 65   | 4        | 31     | LA              |
| S48  | 60    | 3     | 16    | 21    | 12  | 3   | 3   | 5     | 63      | 20    | 17     | 37   | 19       | 44     | AL              |
| S47  | 64    | 0     | 2     | 2     | 12  | 7   | 5   | 5     | 33      | 20    | 47     | 67   | 2        | 31     | LA              |
| S46  | 69    | 0     | 2     | 4     | 6   | 10  | 10  | 5     | 37      | 20    | 43     | 63   | 2        | 35     | LA              |

| Sun. | Prof. | Seixo | Grân. | A M G | A G | A M | A F | A M F | Grossos | Silte | Argila | Lama | Cascalho | Areias | Classe Textural |
|------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-------|---------|-------|--------|------|----------|--------|-----------------|
| S45  | 69,5  | 0     | 0     | 0     | 0   | 5   | 3   | 5     | 13      | 40    | 47     | 87   | 0        | 13     | LLA3            |
| S44  | 70    | 0     | 0     | 6     | 11  | 16  | 11  | 5     | 49      | 20    | 31     | 51   | 0        | 49     | LA2             |
| S43  | 73    | 0     | 0     | 0     | 1   | 3   | 3   | 5     | 12      | 40    | 48     | 88   | 0        | 12     | LLA3            |
| S42  | 76    | 0     | 4     | 4     | 16  | 17  | 12  | 5     | 58      | 30    | 12     | 42   | 4        | 54     | AL              |
| S41  | 77    | 0     | 0     | 1     | 2   | 3   | 3   | 4     | 13      | 50    | 37     | 87   | 0        | 13     | LLA2            |
| S40  | 79    | 0     | 4     | 12    | 22  | 12  | 10  | 5     | 65      | 25    | 10     | 35   | 4        | 61     | AL              |
| S39  | 79,5  | 0     | 0     | 0     | 1   | 0   | 0   | 3     | 4       | 40    | 56     | 96   | 0        | 4      | L1              |
| S38  | 80,5  | 0     | 1     | 3     | 11  | 21  | 13  | 3     | 52      | 30    | 18     | 48   | 1        | 51     | AL              |
| S37  | 83    | 0     | 2     | 6     | 12  | 23  | 15  | 10    | 68      | 20    | 12     | 32   | 2        | 66     | AL              |
| S36  | 83,5  | 0     | 0     | 0     | 1   | 1   | 2   | 1     | 5       | 30    | 65     | 95   | 0        | 5      | LA3             |
| S35  | 86,5  | 0     | 2     | 4     | 11  | 21  | 12  | 5     | 55      | 30    | 15     | 45   | 2        | 53     | AL              |
| S34  | 88,5  | 0     | 0     | 0     | 2   | 4   | 5   | 5     | 16      | 20    | 64     | 84   | 0        | 16     | LLA4            |
| S33  | 89,5  | 0     | 0     | 1     | 2   | 6   | 20  | 15    | 44      | 30    | 26     | 56   | 0        | 44     | LA1             |
| S32  | 92,5  | 0     | 0     | 0     | 2   | 1   | 1   | 3     | 7       | 20    | 73     | 93   | 0        | 7      | LLA4            |
| S31  | 98,5  | 0     | 0     | 3     | 11  | 3   | 3   | 5     | 25      | 20    | 54     | 74   | 1        | 25     | L               |
| S30  | 103   | 0     | 12    | 6     | 20  | 10  | 10  | 2     | 60      | 25    | 15     | 40   | 12       | 48     | AL              |
| S29  | 106   | 0     | 20    | 21    | 12  | 7   | 2   | 10    | 72      | 20    | 8      | 28   | 20       | 52     | AL              |
| S28  | 107   | 0     | 0     | 3     | 2   | 2   | 6   | 3     | 16      | 20    | 64     | 84   | 0        | 16     | LLA4            |
| S27  | 108   | 0     | 0     | 2     | 2   | 6   | 10  | 5     | 25      | 30    | 45     | 75   | 0        | 25     | LA2             |
| S26  | 109   | 0     | 0     | 0     | 2   | 2   | 2   | 3     | 9       | 30    | 61     | 91   | 0        | 9      | LLA3            |
| S25  | 109   | 0     | 1     | 0     | 2   | 2   | 3   | 10    | 18      | 30    | 52     | 82   | 1        | 17     | L               |
| S24  | 111   | 10    | 12    | 11    | 6   | 4   | 3   | 10    | 56      | 20    | 24     | 44   | 22       | 34     | LCA             |
| S23  | 113   | 5     | 10    | 15    | 7   | 5   | 5   | 3     | 50      | 15    | 35     | 50   | 15       | 35     | LA              |
| S22  | 114   | 0     | 0     | 0     | 1   | 1   | 2   | 2     | 6       | 15    | 79     | 94   | 0        | 6      | LLA4            |
| S21  | 117   | 4     | 11    | 13    | 12  | 6   | 7   | 15    | 68      | 20    | 12     | 32   | 15       | 53     | AL              |
| S20  | 118   | 0     | 0     | 0     | 0   | 1   | 1   | 2     | 4       | 20    | 76     | 96   | 0        | 4      | L2              |
| S19  | 121   | 0     | 1     | 1     | 1   | 1   | 3   | 3     | 10      | 20    | 70     | 90   | 1        | 9      | L               |
| S18  | 126   | 10    | 4     | 4     | 4   | 4   | 6   | 5     | 37      | 10    | 53     | 63   | 14       | 23     | LA              |
| S17  | 127   | 30    | 11    | 6     | 4   | 4   | 6   | 5     | 66      | 10    | 24     | 34   | 41       | 25     | CAL             |
| S16  | 129   | 0     | 2     | 11    | 4   | 3   | 2   | 10    | 32      | 10    | 58     | 68   | 2        | 30     | LA              |
| S15  | 132   | 20    | 3     | 2     | 6   | 3   | 5   | 10    | 49      | 10    | 41     | 51   | 23       | 26     | LCA             |
| S14  | 135   | 5     | 6     | 21    | 13  | 3   | 5   | 10    | 63      | 20    | 17     | 37   | 11       | 52     | AL              |



| <b>Sun.</b> | <b>Prof.</b> | <b>Seixo</b> | <b>Grân.</b> | <b>A M G</b> | <b>A G</b> | <b>A M</b> | <b>A F</b> | <b>A M F</b> | <b>Grossos</b> | <b>Silte</b> | <b>Argila</b> | <b>Lama</b> | <b>Cascalho</b> | <b>Areias</b> | <b>Classe Textural</b> |
|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|--------------|----------------|--------------|---------------|-------------|-----------------|---------------|------------------------|
| <b>S13</b>  | 138          | 10           | 4            | 2            | 4          | 6          | 10         | 10           | 46             | 20           | 34            | 54          | 14              | 32            | LA                     |
| <b>S12</b>  | 139          | 0            | 1            | 7            | 10         | 7          | 6          | 10           | 41             | 15           | 44            | 59          | 1               | 40            | LA                     |
| <b>S11</b>  | 143          | 20           | 3            | 7            | 3          | 4          | 5          | 5            | 47             | 20           | 33            | 53          | 23              | 24            | LCA                    |
| <b>S10</b>  | 148          | 21           | 16           | 8            | 5          | 6          | 5          | 5            | 66             | 15           | 19            | 34          | 37              | 29            | CAL                    |
| <b>S9</b>   | 151          | 1            | 10           | 6            | 2          | 6          | 10         | 15           | 50             | 20           | 30            | 50          | 11              | 39            | LA                     |
| <b>S8</b>   | 153          | 10           | 10           | 4            | 3          | 4          | 5          | 10           | 46             | 20           | 34            | 54          | 20              | 26            | LCA                    |
| <b>S7</b>   | 156          | 10           | 21           | 21           | 10         | 6          | 6          | 6            | 80             | 10           | 10            | 20          | 40              | 40            | CAL                    |
| <b>S6</b>   | 158          | 0            | 10           | 1            | 6          | 2          | 10         | 15           | 44             | 25           | 31            | 56          | 10              | 34            | LA                     |
| <b>S5</b>   | 163          | 20           | 20           | 10           | 8          | 6          | 5          | 5            | 74             | 10           | 16            | 26          | 40              | 34            | CAL                    |
| <b>S4</b>   | 165          | 60           | 5            | 0            | 1          | 2          | 5          | 5            | 78             | 10           | 12            | 22          | 65              | 13            | CL                     |
| <b>S3</b>   | 168          | 16           | 5            | 6            | 2          | 4          | 10         | 10           | 53             | 20           | 27            | 47          | 21              | 32            | LCA                    |
| <b>S2</b>   | 170          | 0            | 0            | 4            | 8          | 15         | 13         | 10           | 50             | 20           | 30            | 50          | 0               | 50            | LA2                    |
| <b>S1</b>   | 174          | 2            | 6            | 18           | 20         | 10         | 5          | 10           | 71             | 15           | 14            | 29          | 8               | 63            | AL                     |

## ANEXO 2 - TABELAS DE DESCRIÇÕES MACROSCÓPICAS DAS UNIDADES 5, 6 E 7

|     | Espessura | Classificação de Camadas | Dimensão Granulométrica | Seleção  | Orientação da fábrica | Laminação Interna | Gradação | Clastos/matriz | Arredondamento    |
|-----|-----------|--------------------------|-------------------------|----------|-----------------------|-------------------|----------|----------------|-------------------|
| S75 | 4         | CF                       | Cascalho                | M P      | Inclinada             | Sem estrat.       | Sem      | 77             | Subang e subarred |
| S74 | 3,5       | CF                       | Grânulo                 | Pobre    | Inclinada             | Sem estrat.       | Sem      | 78             | Subang e subarred |
| S73 | 3         | LE                       | Cascalho                | M P      | Inclinada             | Sem estrat.       | Sem      | 82             | Subang e subarred |
| S72 | 4,5       | CF                       | Cascalho                | M P      | Inclinada             | Sem estrat.       | Sem      | 82             | Subangulares      |
| S71 | 3         | LE                       | Grânulo                 | Moderada | Inclinada             | Horizontal        | Sem      | 84%            | Subarred e subang |
| S70 | 5,5       | CF                       | Cascalho                | MP       | Inclinada             | Sem estrat.       | Sem      | 89%            | Subarred e subang |
| S69 | 1,5       | LE                       | Cascalho                | Moderada | Sem                   | Sem estrat.       | Sem      | 19%            | Subarredondados   |
| S68 | 1         | LE                       | Grânulo                 | Pobre    | Inclinada             | Sem estrat.       | CG       | 30%            | Subarredondados   |
| S67 | 0,5       | LM                       | AM                      | Bem      | Sem                   | Sem estrat.       | Sem      | 9%             | Subarredondados   |
| S66 | 2,5       | LE                       | Grânulo                 | M P      | Inclinada             | Sem estrat.       | Sem      | 68%            | Subarred e subang |
| S65 | 2,5       | LE                       | Grânulo                 | Pobre    | Inclinada             | Sem estrat.       | Sem      | 45%            | Subarred e subang |
| S64 | 1         | LE                       | AMG                     | Moderada | Inclinada             | Sem estrat.       | Sem      | 44%            | Subarred e subang |
| S63 | 0,5       | LM                       | Grânulo                 | Pobre    | Inclinada             | Sem estrat.       | Sem      | 23%            | Subarred e subang |
| S62 | 3         | LE                       | Grânulo                 | M P      | Inclinada             | Sem estrat.       | Sem      | 63%            | Subarred e subang |
| S61 | 2         | LE                       | Grânulo                 | MP       | Inclinada             | Sem estrat.       | Sem      | 70%            | Subarredondados   |
| S60 | 0,5       | LM                       | AMG                     | Moderada | Inclinada             | Sem estrat.       | Sem      | 36%            | Subarredondados   |
| S59 | 0,5       | LM                       | AMG                     | Pobre    | Inclinada             | Sem estrat.       | Sem      | 64%            | Subarred e subang |
| S58 | 1         | LE                       | AG                      | Bem      | Inclinada             | Inclinada         | Sem      | 7%             | Subarred e subang |
| S57 | 0,5       | LM                       | Grânulo                 | M P      | Inclinada             | Sem estrat.       | Sem      | 59%            | Subarred e subang |
| S56 | 0,5       | LM                       | Grânulo                 | Bem      | Sem                   | Sem estrat.       | Sem      | 8%             | Subarred e subang |
| S55 | 2,5       | LE                       | AMG                     | Pobre    | Inclinada             | Inclinada         | Sem      | 81             | Subarred e subang |
| S54 | 2         | LE                       | AMG                     | Bem      | Sem                   | Inclinada         | Sem      | 7              | Subarred e subang |
| S53 | 3         | LE                       | AG                      | Bem      | Inclinada             | Inclinada         | Sem      | 8%             | Subarredondados   |
| S52 | 2,5       | LE                       | Lama                    | M B      | Sem                   | Sem estrat.       | Sem      | 2              | Subarredondados   |
| S51 | 1         | LE                       | AMG                     | Moderada | Sem                   | Sem estrat.       | Sem      | 23             | Subang e subarred |
| S50 | 2         | LE                       | Grânulo                 | Pobre    | Sem                   | Sem estrat.       | CG       | 52             | Subang e subarred |
| S49 | 3         | LE                       | AG                      | Moderada | Inclinada             | Sem estrat.       | CG       | 35             | Subarred e subang |
| S48 | 3         | LE                       | Grânulo                 | Pobre    | Inclinada             | Sem estrat.       | Sem      | 63             | Subarred e subang |

|            |     |    |          |          |               |             |     |    |                      |
|------------|-----|----|----------|----------|---------------|-------------|-----|----|----------------------|
| <b>S47</b> | 4   | CF | Grânulo  | Moderada | Sem           | Sem estrat. | Sem | 33 | Subarred e subang    |
| <b>S46</b> | 5   | CF | Grânulo  | Pobre    | Sem           | Sem estrat. | Sem | 37 | Angulares a subarred |
| <b>S45</b> | 0,5 | LM | AG       | Bem      | Sem           | Sem estrat. | Sem | 13 | Subarredondado       |
| <b>S44</b> | 0,5 | LM | AMG      | Pobre    | SubHorizontal | Sem estrat. | Sem | 49 | Angulares a subarred |
| <b>S43</b> | 3   | LE | AG       | Bem      | SubHorizontal | Sem estrat. | Sem | 12 | Subarredondado       |
| <b>S42</b> | 3   | LE | AMG      | Pobre    | Inclinada     | Sem estrat. | Sem | 58 | Subang e subarred    |
| <b>S41</b> | 1   | LE | Lama     | Bem      | Sem           | Sem estrat. | Sem | 13 | Subang e subarred    |
| <b>S40</b> | 2   | LE | Grânulo  | MP       | Inclinada     | Sem estrat. | Sem | 65 | Subang e subarred    |
| <b>S39</b> | 0,5 | LM | Lama     | Bem      | Inclinada     | Sem estrat. | Sem | 4  | Subarredondados      |
| <b>S38</b> | 1   | LE | AMG      | Pobre    | Inclinada     | Sem estrat. | Sem | 52 | Subarred e subang    |
| <b>S37</b> | 2,5 | LE | Grânulo  | Pobre    | Inclinada     | Sem estrat. | Sem | 68 | Subarred e subang    |
| <b>S36</b> | 0,5 | LM | Lama     | Bem      | Sem           | Sem estrat. | Sem | 5  | Subarredondados      |
| <b>S35</b> | 3   | LE | Grânulo  | Pobre    | SubHorizontal | Sem estrat. | Sem | 55 | Subang e subarred    |
| <b>S34</b> | 2   | LE | AMG      | Moderada | Sem           | Sem estrat. | Sem | 16 | Subarred e arredond  |
| <b>S33</b> | 1   | LE | AMG      | Moderada | Sem           | Sem estrat. | Sem | 44 | Subarred e arredond  |
| <b>S32</b> | 3   | LE | Lama     | Bem      | Sem           | Sem estrat. | Sem | 7  | Subarredondados      |
| <b>S31</b> | 6   | CF | Grânulo  | Moderada | Sem           | Sem estrat. | CG  | 25 | Subarred e subang    |
| <b>S30</b> | 4   | CF | Cascalho | Pobre    | Inclinada     | Sem estrat. | Sem | 60 | Subarred e subang    |
| <b>S29</b> | 3   | LE | Grânulo  | Bem      | Inclinada     | Sem estrat. | CG  | 72 | Subarred e subang    |
| <b>S28</b> | 1   | LE | Grânulo  | MP       | SubHorizontal | Sem estrat. | Sem | 16 | Subarred e subang    |
| <b>S27</b> | 1   | LE | AM       | Bem      | SubHorizontal | Sem estrat. | Sem | 25 | Subarred e subang    |
| <b>S26</b> | 1   | LE | AMG      | Moderada | Inclinada     | Sem estrat. | Sem | 9  | Subarredondados      |
| <b>S25</b> | 0,5 | LM | Lama     | Bem      | Inclinada     | Sem estrat. | Sem | 18 | Subang e subarred    |
| <b>S24</b> | 2   | LE | Grânulo  | Moderada | SubHorizontal | Sem estrat. | Sem | 56 | Subang e subarred    |
| <b>S23</b> | 2   | LE | Grânulo  | Pobre    | SubHorizontal | Sem estrat. | Sem | 56 | Subarred e subang    |
| <b>S22</b> | 0,5 | LM | Lama     | Bem      | Inclinada     | Sem estrat. | Sem | 6  | Subarredondado       |
| <b>S21</b> | 3   | LE | Grânulo  | Pobre    | Inclinada     | Inclinada   | CG  | 68 | Subang e subarred    |
| <b>S20</b> | 1,5 | LE | AM       | Bem      | Inclinada     | Inclinada   | Sem | 4  | Subarredondados      |
| <b>S19</b> | 2,5 | LE | Grânulo  | Moderada | Sem           | Sem estrat. | Sem | 10 | Subarredondados      |
| <b>S18</b> | 5   | CF | Cascalho | Moderada | Sem           | Sem estrat. | Sem | 37 | Subarred e subang    |
| <b>S17</b> | 1,5 | LE | Cascalho | MP       | SubHorizontal | Sem estrat. | CG  | 66 | Subarredondados      |
| <b>S16</b> | 2   | LE | Cascalho | MP       | SubHorizontal | Sem estrat. | Sem | 32 | Subangulares         |
| <b>S15</b> | 2,5 | LE | Grânulo  | Pobre    | SubHorizontal | Sem estrat. | CG  | 49 | Subarredondados      |

|            |     |    |          |          |               |             |         |    |                    |
|------------|-----|----|----------|----------|---------------|-------------|---------|----|--------------------|
| <b>S14</b> | 3,5 | CF | Cascalho | Pobre    | SubHorizontal | Sem estrat. | Sem     | 63 | Subarredondados    |
| <b>S13</b> | 3   | LE | Cascalho | Pobre    | SubHorizontal | Horizontal  | Sem     | 46 | Subangulares       |
| <b>S12</b> | 1   | LE | Cascalho | Pobre    | Inclinada     | Sem estrat. | Sem     | 27 | Subangulares       |
| <b>S11</b> | 4   | CF | AMG      | Moderada | Inclinada     | Inclinada   | CG      | 47 | Subarred e subang  |
| <b>S10</b> | 5   | CF | Cascalho | M P      | Inclinada     | Sem estrat. | Sem     | 66 | Subarred e subang  |
| <b>S9</b>  | 3   | LE | Grânulo  | MP       | Inclinada     | Sem estrat. | Inversa | 50 | Subarred e subang  |
| <b>S8</b>  | 2   | LE | Cascalho | M P      | Inclinada     | Sem estrat. | Sem     | 46 | Subarredondados    |
| <b>S7</b>  | 3   | LE | Cascalho | Pobre    | Inclinada     | Horizontal  | Sem     | 79 | Subarredondados    |
| <b>S6</b>  | 2   | LE | AG       | Bem      | Inclinada     | Inclinada   | CG      | 44 | Subarred e subang  |
| <b>S5</b>  | 5   | CF | Cascalho | Moderada | Inclinada     | Sem estrat. | Sem     | 74 | Subarred e subang  |
| <b>S4</b>  | 2   | LE | Cascalho | Moderada | Inclinada     | Sem estrat. | Sem     | 78 | Subarredondondados |
| <b>S3</b>  | 3   | LE | Cascalho | M P      | Inclinada     | Inclinada   | CG      | 53 | Subarredondondados |
| <b>S2</b>  | 2   | LE | AMG      | Pobre    | Inclinada     | Inclinada   | Sem     | 50 | Subangulares       |
| <b>S1</b>  | 4   | CF | Cascalho | MP       | Inclinada     | Inclinada   | CG      | 71 | Subarred. e subang |

## ANEXO 3 - TABELAS DE DESCRIÇÕES MICROMORFOLÓGICAS DAS UNIDADES 5, 6 E 7

### a) Descrição do Esqueleto:

|            | Distribuição do Esqueleto     | Contato entre Grãos                        | Esfericidade Grão        | Esfericidade Alterorrelíquias | Rugosidade Superficial Grãos | Rugosidade Superficial Alterorrelíquias | Orientação     | Distribuição Geral de Base   | D. G. por Referência                  | Distribuição Relativa | Distribuição Relativa |
|------------|-------------------------------|--|--------------------------|-------------------------------|------------------------------|---|----------------|------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| <b>S75</b> | Clastos suportados polimodais | Longitudinal, pontual, conc.conv. suturado | Subesféricos e esféricos | Alongados a subesféricos      | Lisos e rugosos              | Lisos, ondulados e rugosos              | Moderada       | Aleatória e linear           | Não referida e cutânicos              | Porfírica fechada     | Porfírica fechada     |
| <b>S74</b> | Clastos suportados polimodais | Longitudinal, suturado, pontual            | Subesféricos e esféricos | Alongados a subesféricos      | Lisos e rugosos              | Lisos, ondulados e rugosos              | Moderada       | Aleatória, bandeada e linear | Não referida e cutânicos              | Porfírica fechada     | Porfírica fechada     |
| <b>S73</b> | Clastos suportados polimodais | Suturado                                   | Subesféricos e esféricos | Alongados a subesféricos      | Lisos e rugosos              | Lisos, ondulados e rugosos              | Moderada       | Aleatória, agrupada e linear | Não referida                          | Porfírica fechada     | Porfírica fechada     |
| <b>S72</b> | Clastos suportados polimodais | Pontuais e flutuantes                      | Subesféricos e esféricos | Alongados a subesféricos      | Lisos e rugosos              | Lisos, ondulados e rugosos              | Moderada       | Aleatória                    | Não referida                          | Porfírica fechada     | Porfírica fechada     |
| <b>S71</b> | Clastos suportados polimodal  | Suturado                                   | Esféricos a subalongados | Alongados a subesféricos      | Lisos e rugosos              | Lisos, ondulados e rugosos              | Moderada       | Aleatória                    | Não referida                          | Porfírica fechada     | Porfírica fechada     |
| <b>S70</b> | Clastos suportados polimodais | Pontuais, longitudinais e suturados        | Esféricos a subalongados | Alongados a subesféricos      | Lisos e rugosos              | Lisos, ondulados e rugosos              | Moderada       | Aleatória e agrupada         | Não referida                          | Porfírica fechada     | Porfírica fechada     |
| <b>S69</b> | Matriz suportada polimodal    | Flutuantes, pontuais e conc-convexo        | Esféricos a subalongados | Subesféricos e subalongados   | Rugosos e lisos              | Rugosos, ondulados e lisos              | Não orientados | Aleatória, e agrupada        | Não referida                          | Porfírica fechada     | Porfírica fechada     |
| <b>S68</b> | Matriz suportada              | Pontuais e flutuantes                      | Esféricos a subalongados | Alongados a subesféricos      | Rugosos e lisos              | Rugosos, ondulados e lisos              | Forte          | Aleatória e lineares         | Não referida cutânicos e subcutânicos | Porfírica aberta      | Porfírica aberta      |
| <b>S67</b> | Matriz suportada polimodal    | Suturado e pontual                         | Subesféricos e esféricos | Alongados a subesféricos      | Rugosos e lisos              | Rugosos, ondulados e lisos              | Não orientados | Aleatória                    | Não referida e cutânicos              | Porfírica fechada     | Porfírica fechada     |

|            |                               |                       |                          |                             |                 |                            |                |                              |                          |                   |                   |
|------------|-------------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------|----------------------------|----------------|------------------------------|--------------------------|-------------------|-------------------|
| <b>S66</b> | Clastos suportados polimodais | Suturado              | Esféricos a subalongados | Alongados a subesféricos    | Rugosos e lisos | Rugosos, ondulados e lisos | Fraca          | Aletória                     | Não referida             | Porfirica aberta  | Porfirica aberta  |
| <b>S65</b> | Clastos suportados polimodais | Suturado e pontual    | Esféricos a subalongados | Alongados a subesféricos    | Rugosos e lisos | Rugosos, ondulados e lisos | Fraca          | Aleatória e linear           | Não referida             | Porfirica fechada | Porfirica fechada |
| <b>S64</b> | Clastos suportados polimodais | Suturado e pontual    | Subesféricos e esféricos | Alongados a subesféricos    | Rugosos e lisos | Rugosos, ondulados e lisos | Forte          | Bandeada e linear            | Não referia              | Porfirica fechada | Porfirica fechada |
| <b>S63</b> | Matriz suportada polimodal    | Pontual e suturado    | Subesféricos e esféricos | Alongados a subesféricos    | Rugosos e lisos | Rugosos, ondulados e lisos | Forte          | Aleatória, linear            | Não referida e cutânicos | Porfirica aberta  | Porfirica aberta  |
| <b>S62</b> | Clastos suportados polimodais | Suturado e pontual    | Subesféricos e esféricos | Alongados a subesféricos    | Rugosos e lisos | Rugosos, ondulados e lisos | Moderada       | aleatória, linear e agrupada | Não referida             | Porfirica fechada | Porfirica fechada |
| <b>S61</b> | Clastos suportados polimodais | Suturados             | Subesféricos e esféricos | Alongados e subesféricos    | Rugosos e lisos | Rugosos, ondulados e lisos | Fraca          | Aleatória e linear           | Não referida             | Porfirica fechada | Porfirica fechada |
| <b>S60</b> | Matriz suportados polimodais  | Flutuantes e pontuais | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e subalongados | Rugosos e lisos | Rugosos, ondulados e lisos | Moderada       | Aleatória                    | Não referida             | Porfirica aberta  | Porfirica aberta  |
| <b>S59</b> | Clastos suportados polimodais | Suturado              | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e esféricos    | Rugosos e lisos | Rugosos, ondulados e lisos | Fraca          | Aleatória                    | Não referida             | Porfirica fechada | Porfirica fechada |
| <b>S58</b> | Matriz suportada polimodal    | Flutuantes e pontuais | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e esféricos    | Rugosos e lisos | Rugosos, ondulados e lisos | Moderada       | Aleatória e linear           | Não referida             | Porfirica aberta  | Porfirica aberta  |
| <b>S57</b> | Clastos suportados polimodais | Suturado              | Subesféricos e esféricos | Alongados a subesféricos    | Rugosos e lisos | Rugosos, ondulados e lisos | Moderada       | Bandeada, linear e aleatória | Não referida             | Porfirica fechada | Porfirica fechada |
| <b>S56</b> | Matriz suportada              | Flutuantes            | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e esféricos    | Rugosos         | Rugosos, ondulados e lisos | Não orientados | Aleatória                    | Não referida             | Porfirica aberta  | Porfirica aberta  |
| <b>S55</b> | Clastos suportados polimodais | Suturado e pontual    | Esféricos a subalongados | Alongados a subesféricos    | Rugosos e lisos | Rugosos, ondulados e lisos | Fraca          | Aleatória                    | Não referida             | Porfirica aberta  | Porfirica aberta  |
| <b>S54</b> | Matriz suportada polimodal    | Flutuantes e pontuais | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e esféricos    | Rugosos         | Rugosos e lisos            | Não orientados | Aleatória                    | Não referida             | Porfirica aberta  | Porfirica aberta  |
| <b>S53</b> | Matriz suportada polimodal    | Flutuantes            | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e esféricos    | Rugosos         | Rugosos e lisos            | Não orientados | Aleatória                    | Não referida             | Porfirica aberta  | Porfirica aberta  |

|            |                                |                                 |                          |                             |                 |                            |                |                                |              |                   |                   |
|------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------|----------------------------|----------------|--------------------------------|--------------|-------------------|-------------------|
| <b>S52</b> | Matriz suportada polimodal     | Flutuantes                      | Subesféricos e esféricos | Sem                         | Rugosos         | Rugosos e lisos            | Não orientados | Aleatória                      | Não referida | Porfírica aberta  | Porfírica aberta  |
| <b>S51</b> | Matriz suportada polimodal     | Flutuante e pontuais            | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e subalongados | Rugosos e lisos | Rugosos, ondulados e lisos | Não orientados | Aleatória e agrupada           | Não referida | Porfírica aberta  | Porfírica aberta  |
| <b>S50</b> | Matriz suportada polimodal     | Flutuantes e pontuais           | Subesféricos e esféricos | Alongados a subesféricos    | Rugosos e lisos | Rugosos, ondulados e lisos | Não orientados | Aleatório e bandeada           | Não referida | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S49</b> | Matriz suportada               | Flutuantes e pontuais           | Subesféricos e esféricos | Alongados a subesféricos    | Rugosos e lisos | Rugosos, ondulados e lisos | Não orientados | Aleatória                      | Não referida | Porfírica aberta  | Porfírica aberta  |
| <b>S48</b> | Clastos suportados polimodais  | Suturado                        | Subesféricos e esféricos | Alongados a subesféricos    | Rugosos e lisos | Rugosos, ondulados e lisos | Moderada       | Aleatória e bandeada           | Não referida | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S47</b> | Matriz suportada polimodal     | Flutuantes e pontuais           | Subesféricos e esféricos | Alongados a subesféricos    | Rugosos e lisos | Rugosos, ondulados e lisos | Não orientados | Aleatória, agrupada e bandeada | Não referida | Porfírica aberta  | Porfírica aberta  |
| <b>S46</b> | Matriz suportada polimodais    | Flutuantes, pontuais e suturado | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e subalongados | Rugosos e lisos | Rugosos, ondulados e lisos | Não orientados | Aleatória                      | Não referida | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S45</b> | Matriz suportada polimodal     | Pontual e suturado              | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e esféricos    | Rugosos e lisos | Rugosos, ondulados e lisos | Não orientados | Aleatória                      | Não referida | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S44</b> | Clastos suportados polimodais  | Suturado                        | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e subalongados | Rugosos e lisos | Rugosos, ondulados e lisos | Fraca          | Bandeada e aleatória           | Não referida | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S43</b> | Matriz suportada polimodal     | Pontual                         | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e esféricos    | Rugosos e lisos | Rugosos, ondulados e lisos | Moderada       | Aleatória                      | Não referida | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S42</b> | Matriz suportada polimodal     | Pontuais suturados e flutuantes | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e subalongados | Rugosos e lisos | Rugosos, ondulados e lisos | Moderada       | Aleatória                      | Não referida | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S41</b> | Matriz suportada polimodal     | Pontual e suturado              | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e subalongados | Rugosos e lisos | Rugosos                    | Não orientados | Aleatória                      | Não referida | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S40</b> | Clastos suportados polimodais, | Suturado                        | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e subalongados | Rugosos e lisos | Rugosos, ondulados e lisos | Fraca          | Aleatória                      | Não referida | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S39</b> | Matriz suportada polimodal     | Pontual e suturado              | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e subalongados | Rugosos e lisos | Rugosos                    | Fraca          | Aleatória                      | Não referida | Porfírica fechada | Porfírica fechada |

|            |                                |                                  |                          |                             |                 |                            |                |  |                           |                   |                   |
|------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------|----------------------------|----------------|--|---------------------------|-------------------|-------------------|
| <b>S38</b> | Clastos suportados polimodais, | Suturado e pontual               | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e subalongados | Rugosos e lisos | Rugosos, ondulados e lisos | Fraca          | Aleatória                                    | Não referida              | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S37</b> | Clastos suportados polimodais  | Flutuantes e pontuais            | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e subalongados | Rugosos e lisos | Rugosos, ondulados e lisos | Fraca          | Aleatória                                    | Não referida              | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S36</b> | Matriz suportada polimodal     | Flutuantes                       | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e esféricos    | Rugosos e lisos | Rugosos                    | Não orientados | Aleatória                                    | Não referida              | Porfírica aberta  | Porfírica aberta  |
| <b>S35</b> | Matriz suportada polimodal     | Flutuantes e pontuais            | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e subalongados | Rugosos e lisos | Rugosos                    | Fraca          | Aleatória                                    | Não referida              | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S34</b> | Matriz suportada polimodal     | Flutuantes e pontuais            | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e esféricos    | Rugosos e lisos | Rugosos                    | Não orientados | Aleatória                                    | Não referida              | Porfírica aberta  | Porfírica aberta  |
| <b>S33</b> | Matriz suportada polimodal     | Flutuantes                       | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e subalongados | Rugosos e lisos | Rugosos                    | Não orientados | Aleatória                                    | Não referida              | Porfírica aberta  | Porfírica aberta  |
| <b>S32</b> | Matriz suportada polimodal     | Flutuantes                       | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e subalongados | Rugosos e lisos | Rugosos                    | Não orientados | Aleatória                                    | Não referida              | Porfírica aberta  | Porfírica aberta  |
| <b>S31</b> | Matriz suportada polimodal     | Flutuantes e pontuais            | Subesféricos e esféricos | Alongados a subesféricos    | Rugosos e lisos | Lisos, ondulados e rugosos | Não orientados | Aleatória e agrupada                         | Não referida e subcutânea | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S30</b> | Matriz suportada polimodal     | Flutuantes, pontuais e suturados | Subesféricos e esféricos | Alongados a subesféricos    | Rugosos e lisos | Lisos, ondulados e rugosos | Fraca          | Aleatória, lineares, agrupados e concentrada | Não referida e subcutânea | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S29</b> | Clastos suportados polimodais  | Flutuantes                       | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e subalongados | Rugosos e lisos | Lisos, ondulados e rugosos | Fraca          | Aleatória                                    | Não referida e cutânicos  | Porfírica aberta  | Porfírica aberta  |
| <b>S28</b> | Matriz suportada polimodal     | Pontuais suturados flutuantes    | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e subalongados | Rugosos e lisos | Lisos, ondulados e rugosos | Fraca          | Aleatória e linear                           | Não referida              | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S27</b> | Matriz suportada polimodal     | Flutuantes                       | Subesféricos e esféricos | Alongados a subesféricos    | Rugosos e lisos | Lisos, ondulados e rugosos | Fraca          | Aleatória e linear                           | Não referida              | Porfírica aberta  | Porfírica aberta  |
| <b>S26</b> | Matriz suportada polimodal     | Flutuantes e pontuais            | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e esféricos    | Rugosos e lisos | Lisos, ondulados e rugosos | Fraca          | Aleatória e linear                           | Não referida              | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S25</b> | Matriz suportada polimodal     | Flutuantes                       | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e esféricos    | Rugosos e lisos | Lisos, ondulados e rugosos | Fraca          | Aleatória e linear                           | Não referida              | Porfírica aberta  | Porfírica aberta  |



|            |                               |                                 |                          |                             |                 |                            |                |  |                           |                   |                   |
|------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------|----------------------------|----------------|--|---------------------------|-------------------|-------------------|
| <b>S24</b> | Clastos suportados polimodal  | Flutuantes e pontuais           | Subesféricos e esféricos | Alongados a subesféricos    | Rugosos e lisos | Lisos, ondulados e rugosos | Fraca          | Aleatória e linear                     | Não referida              | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S23</b> | Clastos suportados polimodal  | Flutuantes e pontuais           | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e subalongados | Rugosos e lisos | Lisos, ondulados e rugosos | Fraca          | Aleatória e linear                     | Não referida              | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S22</b> | Matriz suportada polimodais   | Flutuantes                      | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e esféricos    | Rugosos e lisos | Lisos, ondulados e rugosos | Moderada       | Linear e bandada                       | Não referida              | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S21</b> | Clastos suportados polimodais | Pontual e suturado              | Subesféricos e esféricos | Alongados a subesféricos    | Rugosos e lisos | Lisos, ondulados e rugosos | Moderada       | Bandada, linear e aleatória            | Não referida              | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S20</b> | Matriz suportada polimodais   | Flutuantes                      | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e esféricos    | Rugosos e lisos | Rugosas, onduladas e lisas | Moderada       | Linear e bandada                       | Não referida              | Porfírica fechada | Porfírica aberta  |
| <b>S19</b> | Matriz suportada polimodais   | Flutuantes                      | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e esféricos    | Rugosos e lisos | Rugosas, onduladas e lisas | Não orientados | Aleatória                              | Agrupados e sem relação   | Porfírica aberta  | Porfírica aberta  |
| <b>S18</b> | Matriz suportada polimodal    | Flutuantes                      | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e subalongados | Rugosos e lisos | Rugosas, onduladas e lisas | Não orientados | Aleatória                              | Aleatórios e cutânicos    | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S17</b> | Matriz suportada polimodal    | Flutuantes e pontuais           | Subesféricos e esféricos | Alongados a subesféricos    | Rugosos e lisos | Rugosas, onduladas e lisas | Moderada       | Aleatória                              | Aleatórios e cutânicos    | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S16</b> | Matriz suportada polimodal    | Flutuantes, pontuais e suturado | Esféricos a subalongados | Subesféricos e esféricos    | Rugosos e lisos | Rugosas, onduladas e lisas | Moderada       | Aleatória, agrupada e linear           | Não referida e cutânica   | Porfírica fecha   | Porfírica fechada |
| <b>S15</b> | Matriz suportada polimodal    | Flutuantes, pontuais e suturado | Esféricos a subalongados | Subesféricos e subalongados | Rugosos e lisos | Rugosas, onduladas e lisas | Moderada       | Aleatória, bandeada, linear e agrupada | Não referida e cutânica   | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S14</b> | Matriz suportada polimodal    | Flutuantes e pontuais           | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e subalongados | Rugosos e lisos | Rugosas, onduladas e lisas | Fraca          | Aleatória e agrupada,                  | Não referida, subcutânica | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S13</b> | Matriz suportada polimodal    | Flutuante pontual e suturado    | Subesféricos e esféricos | Alongados a subesféricos    | Rugosos e lisos | Rugosas, onduladas e lisas | Moderada       | Aleatória e linear                     | Não referida, subcutânica | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S12</b> | Matriz suportada polimodal    | Flutuante e pontuais            | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e subalongados | Rugosos e lisos | Rugosas, onduladas e lisas | Fraca          | Aleatória e linear                     | Não referida              | Porfírica fechada | Porfírica fechada |

|            |                            |                                  |                          |                             |                 |                            |          |   |                                 |                   |                   |
|------------|----------------------------|----------------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------|----------------------------|----------|---|---------------------------------|-------------------|-------------------|
| <b>S11</b> | Matriz suportada polimodal | Flutuantes e pontuais            | Subesféricos e esféricos | Alongados a subesféricos    | Rugosos e lisos | Rugosas e onduladas        | Moderada | Aleatória, agrupados e linear             | Não referida e cutânea          | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S10</b> | Matriz suportada polimodal | Flutuantes, pontuais e suturado  | Esféricos a subalongados | Alongados a subesféricos    | Rugosos e lisos | Rugosas, onduladas e lisas | Fraca    | Aleatória                                 | Não referida e cutânea          | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S9</b>  | Matriz suportada polimodal | Pontuais, suturados e flutuantes | Esféricos a subalongados | Subesféricos e subalongados | Rugosos e lisos | Rugosas, onduladas e lisas | Fraca    | Aleatória                                 | Não referida e cutânea          | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S8</b>  | Matriz suportada polimodal | Flutuantes e pontuais            | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e esféricos    | Rugosos e lisos | Rugosas, onduladas e lisas | Fraca    | Aleatória, linear, bandeada e agrupados   | Não referida e cutânea          | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S7</b>  | Matriz suportada polimodal | Pontuais suturados e flutuantes  | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e subalongados | Rugosos e lisos | Rugosas, onduladas e lisas | Fraca    | Aleatória, linear, bandeada e agrupados   | Não referida, cutânea, paralela | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S6</b>  | Matriz suportada polimodal | Pontuais                         | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e esféricos    | Rugosos e lisos | Rugosos                    | Fraca    | Aleatória e agrupada                      | Não referida                    | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S5</b>  | Matriz suportada polimodal | Pontuais e suturado              | Subesféricos e esféricos | Alongados a subesféricos    | Rugosos e lisos | Rugosos                    | Fraca    | Aleatória, linear, bandeada e agrupados   | Não referida e cutânea          | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S4</b>  | Matriz suportada polimodal | Flutuantes e pontuais            | Subesféricos e esféricos | Alongados a subesféricos    | Rugosos e lisos | Rugosos                    | Moderada | Aleatória, linear, bandeada e agrupados   | Não referida, cutânea,          | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S3</b>  | Matriz suportada polimodal | Pontuais, suturado e flutuantes  | Subesféricos e esféricos | Alongados a subesféricos    | Rugosos e lisos | Rugosos                    | Fraca    | Aleatória, bandeada e linear              | Pred. Não referida poucos cutâ  | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S2</b>  | Matriz suportada polimodal | Pontuais, suturado e flutuantes  | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e esféricos    | Rugosos e lisos | Rugosos                    | Fraca    | Aleatória, bandeada, linear e agrupados   | Não referida                    | Porfírica fechada | Porfírica fechada |
| <b>S1</b>  | Matriz suportada polimodal | Flutuantes, pontuais e suturados | Subesféricos e esféricos | Subesféricos e subalongados | Rugosos e lisos | Rugosos                    | Fraca    | Aleatória, linear, concêntrica e agrupada | Pred. Não referida, cutânea     | Porfírica fechada | Porfírica fechada |

## b) Descrição de Poros:

| Am  | Morfologia                                     | Frequência%    | Rugosidade / Alisamento | Orientação         | Distribuição de Base | Tamanho            | Gênese     |            |
|-----|--|----------------|-------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|------------|------------|
| S75 | Intergranulares (canais, fissuras e cavidades) | Frequente (MB) | Meta                    | Moderada           | Aletória e linear    | Até 2 cm           | Pedo e bio |            |
| S74 | Intergranulares (canais e cavidades)           |                |                         | Forte              |                      | Até 7 mm           |            |            |
| S73 | Intergranulares (fissuras)                     |                |                         | Fraca              |                      | Até 1 cm           |            |            |
| S72 | Intergranulares (canais e fissurais)           |                | Orto e meta             | Moderada           | Aleatória            | Até 2 cm           | Até 7 mm   |            |
| S71 | Intergranulares (canais e cavidades )          |                |                         | Fraca              |                      | Até 1 cm           |            | Pedo       |
| S70 | Intergranulares (fissuras, cavidades e canais) |                |                         | Fraca              |                      | Até 2 mm           |            | Pedo e bio |
| S68 | Intergranulares (cavidades e canais)           |                |                         | Não orientados     | Aleatória e linear   | Até 3 mm           | Pedo e bio |            |
| S67 |  |                |                         | Moderada           |                      | Até 6 mm           |            |            |
| S66 |  |                |                         | Fraca              |                      | Até 1 cm           |            |            |
| S65 |  |                |                         | Não orientados     | Até 2 mm             |                    |            |            |
| S64 |  |                |                         | Moderada           | Até 3 mm             |                    |            |            |
| S63 |  |                |                         |                    | Até 5 mm             |                    |            |            |
| S62 |  |                |                         |                    | Até 5 mm             |                    |            |            |
| S61 |  |                |                         | Até 1 mm           |                      |                    |            |            |
| S60 | Cavidades e canais                             |                |                         | M B                | Não orientados       | Aleatória          | Até 3 mm   | Pedo       |
| S59 | Canais, fissuras e cavidades                   | Até 7 mm       | Pedo                    |                    |                      |                    |            |            |
| S58 | Canais, fissuras e cavidades                   | Até 3 mm       | Pedo                    |                    |                      |                    |            |            |
| S57 | Intergranulares (cavidades, e canais)          | Frequente (MB) | Até 2 mm                | Pedo               |                      |                    |            |            |
| S56 | Canais e cavidades                             | M B            | Até 2mm                 | Pedo               |                      |                    |            |            |
| S55 | Intergranulares (cavidades, e canais)          | Frequente (MB) | Fraca                   |                    | Até 5 mm             | Pedo e bio         |            |            |
| S54 | Canais, cavidades e fissuras                   | M B            | Orto                    | Não orientados     |                      | Até 2 mm           | Pedo e bio |            |
| S53 | Fissuras e canais                              | M B            | Orto e meta             | Fraca              | Aleatória            | Até 4 mm           | Pedo e bio |            |
| S52 | Canais, cavidades e fissuras                   |                |                         | Não orientados     |                      | Aleatória          | Até 1 mm   | Pedo e bio |
| S51 |  |                |                         |                    |                      |                    | Até 5 mm   |            |
| S50 |  |                |                         |                    | Até 3 mm             |                    |            |            |
| S49 |  |                |                         |                    | Até 2 mm             |                    |            |            |
| S48 |  |                |                         |                    | Até 5 mm             |                    |            |            |
| S47 |  |                |                         | Aleatória e linear | Até 1 cm             |                    |            |            |
| S46 | Canais (cavidades e fissuras)                  | Frequente (MB) |                         | Fraca              |                      | Até 5 cm           | Pedo e bio |            |
| S45 | Cavidades                                      | M B            |                         | Orto               | Não orientados       | Aleatória          | Até 1 mm   | Pedo       |
| S44 | Cavidades, fissuras e intergranulares          |                | Até 2 mm                |                    |                      |                    | Pedo e bio |            |
| S43 | Canais (fissuras)                              |                | Baixa (MB)              |                    |                      | Aleatória e linear | Até 2 mm   | Pedo       |
| S42 | Cavidades (fissuras e intergranulares)         | MB             | Orto e meta             | Moderada           | Aleatória            | Até 3 cm           | Pedo e bio |            |
| S41 | Fissuras, canais                               |                |                         | Não orientados     | Aleatória e linear   | Até 1 mm           | Pedo       |            |
| S40 | Canais (fissuras e cavidades)                  |                |                         | Baixa (MB)         | Fraca                | Aleatória          | Até 1cm    | Pedo e bio |
| S39 | Fissuras e canais                              | M B            | Orto                    | Não orientados     | Aleatória            | Até 1mm            |            |            |
| S38 |  |                |                         |                    |                      | Até 5 mm           |            |            |
| S37 |  |                |                         |                    |                      | Até 2 mm           |            |            |
| S36 | Fissuras e canais                              | Baixa (MB)     | Orto e Meta             | Fraca              | Aleatória e linear   | Até 2 cm           | Pedo       |            |
| S35 | Canais (fissuras e cavidades)                  |                |                         |                    |                      | Até 7 mm           | Pedo e bio |            |
| S34 | Canais (fissuras)                              |                |                         |                    |                      | Aleatória          | Até 4 mm   | Pedo       |

|     |  |            |                |                |            |                      |                |                    |          |            |
|-----|--|------------|----------------|----------------|------------|----------------------|----------------|--------------------|----------|------------|
| S33 | Fissuras                                       | M B        | Orto           | Não orientados |            | Até 2 mm             | Pedo           |                    |          |            |
| S32 | Canais (fissurais e cavidade)                  | Baixa (MB) |                |                |            | Até 1cm              | Pedo e bio     |                    |          |            |
| S31 |  |            |                |                |            | Até 8 mm             |                |                    |          |            |
| S30 | Cavidade, canais e fissuras                    | M B        |                |                |            | Até 5 mm             | Pedo           |                    |          |            |
| S29 | Fissuras, canais e intergranulares.            | Baixa (MB) |                |                |            | Até 5 mm             | Pedo e bio     |                    |          |            |
| S28 | Fissuras, cavidades e canais                   |            |                |                |            | Até 3 mm             | Pedo e bio     |                    |          |            |
| S27 | Canais (fissurais e cavidade)                  |            |                |                |            | Até 3 mm             | Pedo           |                    |          |            |
| S26 | Canais, fissuras e cavidades                   | M B        |                |                |            | Orto                 | Até 4 mm       | Pedo e bio         |          |            |
| S25 |  |            |                |                |            | Orto e meta          | Até 2 mm       |                    |          |            |
| S24 | Canais (fissurais e cavidade)                  | Baixa (MB) | Orto           | Até 4 mm       | Pedo e bio |                      |                |                    |          |            |
| S23 | Fissuras, cavidades e canais                   | M B        | Orto e meta    |                | Até 2 mm   | Pedo e bio           |                |                    |          |            |
| S22 | Fissuras e cavidades                           |            |                |                |            | Pedo e bio           |                |                    |          |            |
| S21 | Canais (fissurais e cavidade)                  | Baixa (MB) | Orto           | Não orientados | Aleatória  | Até 2 mm             | Pedo           |                    |          |            |
| S20 | Cavidades                                      | M B        |                |                |            |                      |                | Aleatória e linear | Até 7 mm | Pedo e bio |
| S19 | Fissuras                                       |            |                |                |            |                      |                |                    |          | Pedo       |
| S18 | Fissuras (canais e cavidade)                   | Baixa (MB) |                |                |            |                      | Até 5 mm       | Pedo e bio         |          |            |
| S17 | Fissura e canais                               |            |                |                |            |                      |                | Pedo               |          |            |
| S16 | Fissuras e cavidades                           | M B        |                | Frac           | Aleatória  | Até 3 mm             | Pedo e bio     |                    |          |            |
| S15 |  |            |                |                |            | Até 5 mm             |                | Pedo e bio         |          |            |
| S14 |  |            |                |                |            |                      | Não orientados |                    |          |            |
| S13 | Cavidade, canais e fissuras                    | M B        |                | Frac           |            | Até 5 mm             | Pedo e bio     |                    |          |            |
| S12 | Fissuras (canais, cavidades e intergranulares) | Baixa (MB) |                | Não orientados |            | Até 4 mm             | Pedo e bio     |                    |          |            |
| S11 |  |            |                |                |            | Até 5 mm             |                |                    |          |            |
| S10 | Fissuras e intergranulares                     | M B        |                | Frac           |            | Até 7 mm             | Pedo           |                    |          |            |
| S9  | Fissuras, canais, cavidades e intergranulares  | Baixa (MB) |                | Não orientados |            | Aleatória e bandeada | Até 1 cm       | Pedo e bio         |          |            |
| S8  | Fissuras                                       | M B        |                |                | Até 5 mm   |                      | Pedo e bio     |                    |          |            |
| S7  | Fissuras, cavidade e intergranulares           | Baixa (MB) |                |                | Até 1 cm   |                      | Pedo e bio     |                    |          |            |
| S6  | Fissuras, canais e intergranulares             | M B        |                |                | Até 3 mm   |                      | Pedo e bio     |                    |          |            |
| S5  | Fissuras, canais, cavidades e intergranulares  | Baixa (MB) | Frac           |                | Aleatória  | Até 2 cm             | Pedo e bio     |                    |          |            |
| S4  | Fissuras, canais e cavidades                   |            |                |                |            | Até 1 cm             | Pedo           |                    |          |            |
| S3  | Fissuras, cavidades e intergranulares          |            | Não orientados |                |            | Até 2 cm             | Pedo e bio     |                    |          |            |
| S2  | Fissuras e intergranulares                     |            |                |                |            | Até 5 mm             | Pedo e bio     |                    |          |            |
| S1  | Fissuras e canais                              |            |                |                |            | Até 2 cm             | Pedo e bio     |                    |          |            |

### C) Descrição do Plasma:

| Am  | Composição    | Distribuição Relativa | Distribuição Referida                   | Orientação Relativa  | Grau de Orientação | Natureza da Orientação |
|-----|---------------|-----------------------|---|--|--------------------|------------------------|
| S1  | Ferri-argilãs | Porfírica             | Não referida (cutânica)                 | Silassépica (vossépica, esquelssépica e massépica)             | Frac               | Manchada               |
| S2  |               |                       | Não referida (linear)                   | Silassépica e massépica  |                    |                        |
| S3  |               |                       | Não referida (cutânica)                 | Silassépica (massépica, vossépica, esquelssépica e omnisépica) |                    |                        |
| S4  |               |                       | Não referida (cutânica)                 | Silassépica (massépica, mossépica, vossépica e esquelssépica)  | Moderada           |                        |
| S5  |               |                       |   | Silassépica (vossépica, esquelssépica e massépica )            | Frac               |                        |
| S6  |               |                       | Não referida (cutânica)                 | Silassépica (vossépica, esquelssépica)                         | Indeterminada      |                        |
| S7  |               |                       |   | Silassépica (vossépica, esquelssépica)                         |                    |                        |
| S8  |               |                       |   | Silassépica  | Forte              | Contínua               |
| S9  |               |                       | Não referida (cutânica)                 | Silassépica (vossépica, esquelssépica)                         | Não resolvível     | Manchada               |
| S10 |               |                       |   | Silassépica, (vossépica, esquelssépica)                        |                    |                        |
| S11 |               |                       | Não referida (cutânica)                 | Silassépica (vossépica)  |                    | Manchada e estriada    |
| S12 |               |                       |   | Silassépica (vossépica)  |                    |                        |
| S13 |               |                       |   | Silassépica  |                    |                        |
| S14 |               |                       | Não referida (cutânica)                 | Silassépica (vossépica, esquelssépica)                         | Frac               | Manchada               |
| S15 |               |                       |   | Silassépica (insépica, mossépica, massépica e esquelssépica)   |                    |                        |
| S16 |               |                       | Silassépica (esquelssépica e massépica) | Não resolvível   |                    |                        |
| S17 |               |                       | Não referida e cutânica                 | Silassépica (insépica, massépica, esquelssépica e vossépica)   | Frac e moderada    | Manchada               |
| S18 |               |                       | Não referida (cutânica)                 | Silassépica (massépica, esquelssépica e isótico)               | Não resolvível     |                        |
| S19 |               |                       |   |  |                    |                        |
| S20 |               |                       |   |  | Não referida       | Silassépica            |

|     |               |           |   |  |                           |                     |                                   |
|-----|---------------|-----------|---|--|---------------------------|---------------------|-----------------------------------|
|     | Ferri-argilãs | Porfírica | Não referida (cutânica)                       | Silassépica e argilassépica (vossépica, esquelssépica)             |                           |                     |                                   |
| S21 |               |           |   | Silassépica (vossépica)  |                           |                     |                                   |
| S22 |               |           |   | Silassépica (vossépica, massépica e esquelssépica)                 |                           |                     |                                   |
| S23 |               |           |   | Silassépica e argilassépica (vossépica, esquelssépica e massépica) |                           |                     |                                   |
| S24 |               |           |   | Silassépica e argilassépica (vossépica)                            |                           |                     |                                   |
| S25 |               |           |   | Silassépica e argilassépica (vossépica)                            | Não resolvível a moderada |                     |                                   |
| S26 |               |           |   | Não referida   | Silassépica               |                     | Não resolvível                    |
| S27 |               |           |   |  | Silassépica (isótico)     |                     |                                   |
| S28 |               |           |   |  | Silassépica               |                     |                                   |
| S29 |               |           |   | Não referida (paralela, cutânica e oblíqua)                        | Silassépica               |                     | Não resolvível a moderada         |
| S30 |               |           | Não referida (paralela, cutânica e oblíqua)   | Silassépica (vossépica, esquelssépica e massépica)                 | Não resolviível           |                     |                                   |
| S31 |               |           | Não referida                                  | Silassépica (massépica, esquelssépica)                             | Fraca a moderada          |                     |                                   |
| S32 |               |           | Não referida (cutânica)                       | Silassépica, (argilassépica, massépica e vossépica)                | Não resolvível            |                     | Sem                               |
| S33 |               |           |   | Silassépica e argilassépica  |                           |                     |                                   |
| S34 |               |           |   | Silassépica e argilassépica  |                           |                     |                                   |
| S35 |               |           |   | Silassépica (isótica)  |                           |                     |                                   |
| S36 |               |           |   | Silassépica (massépica)  |                           |                     |                                   |
| S37 |               |           | Silassépica (massépica e vossépica)           | Não resolvível e moderada  | Manchada                  |                     |                                   |
| S38 | Ferri-argilãs | Porfírica | Não referida (cutânica)                       | Silassépica (insépico, ominissépico, esquelssépico e vossépica)    |                           | Fraca a moderada    |                                   |
| S39 |               |           |   | Silassépica (insépica)   |                           | Fraca               |                                   |
| S40 |               |           |   | Silassépica, argilassépica (massépica e vossépica)                 |                           | Fraca a moderada    |                                   |
| S41 |               |           |   | Silassépica e argilassépica (vossépica)                            |                           | Fraca               |                                   |
| S42 |               |           | Não referida (cutânicos e subcutâ)            | Silassépica e argilassépica (vossépica, massépica)                 |                           |                     |                                   |
| S43 |               |           | Não referida (cutânica)                       | Silassépica e argilassépica (vossépica)                            |                           |                     | Não resolvível (fraca e moderada) |
| S44 |               |           |   | Silassépica (vossépica)  |                           |                     |                                   |
| S45 |               |           | Silassépica e isótica (massépica e vossépica) | Não resolvível (moderada)  |                           | Manchada e estriada |                                   |

|     |               |           |                         |   |                           |                     |
|-----|---------------|-----------|-------------------------|---|---------------------------|---------------------|
| S46 |               |           |                         | Silassépica e argilassépica (vossépica e esquelssépica)                     |                           | Manchada e estriada |
| S47 |               |           |                         | Silassépica e isótica (massépica, vossépica e esquelssépica)                |                           |                     |
| S48 |               |           |                         | Silassépica (vossépica, esquelssépica e massépica)                          |                           |                     |
| S49 |               |           |                         | Argilassépica, silassépica (vossépica, massépica, esquelssépica)            | Não resolvível e fraca    |                     |
| S50 |               |           |                         | Argilassépica, silassépica (vossépica, massépica, esquelssépica)            |                           |                     |
| S51 |               |           |                         | Silassépica e argilassépica (insépica, mossépica, esquelssépica, vossépica) |                           |                     |
| S52 |               |           |                         | Silassépica e argilassépica (vossépica e mossépica)                         |                           |                     |
| S53 |               |           |                         | Argilassépica, silassépica e argilassépica (insépica e vossépica)           | Fraca                     |                     |
| S54 | Ferri-argilãs | Porfírica | Não referida (cutânica) | Argilassépica, silassépica e isótica (vossépica)                            |                           |                     |
| S55 |               |           |                         | Silassépica (massépica, vossépica e esquelssépica)                          |                           |                     |
| S56 |               |           |                         | Silassépica (vossépica)   | Não resolvível, (fraca)   |                     |
| S57 |               |           | Não referida            | Silassépica (massépica, vossépica, esquelssépica)                           | Não resolvível, (fraca)   |                     |
| S58 |               |           | Não referida (cutânica) | Silassépica (isótica, vossépica e massépica)                                | Não resolvível            |                     |
| S59 |               |           |                         | Silassépica (isótica, massépica, vossépica e esquelssépica)                 | Não resolvível, (fraca)   |                     |
| S60 |               |           |                         | Silassépica (massépica e vossépica)   | Não resolvível e moderada | Manchada e estriada |
| S61 |               |           |                         | Silassépica, massépica e vossépica  | Não resolvível e moderada | Manchada            |
| S62 |               |           |                         | Silassépica e argilassépica (insépica, massépica e esquelssépica)           |                           |                     |
| S63 |               |           |                         | Silassépica   | Não resolvível (fraca)    |                     |
| S64 |               |           |                         | Argilassépica, silassépica (vossépica e esquelssépica)                      |                           |                     |

|     |   |           |                         |  |                                   |                     |
|-----|---|-----------|-------------------------|--|-----------------------------------|---------------------|
| S65 |   |           |                         | Silassépica (vossépica, esquelssépica)                             | Fraca e não resolvível            |                     |
| S66 |   |           |                         | Silassépica (vossépica, esquelssépica e ominissépica)              | Não resolvível (fraca e moderada) |                     |
| S67 |   |           |                         | Silassépica (vossépica, esquelssépica e ominissépica)              | Não resolvível (fraca e moderada) |                     |
| S68 |   |           |                         | Silassépica (vossépica, esquelssépica e ominissépica)              | Não resolvível a forte            | Manchada a continua |
| S69 | Argilassépico e silassépica (vossépica e esquelssépica) |           |                         |  |                                   |                     |
| S70 | Ferri-argilãs   | Porfírica | Não referida (cutânica) | Argilassépica e silassépica (omnissépica e vossépica)              | Não resolvível                    | Manchada            |
| S71 |   |           |                         | Argilassépica e silassépica  |                                   |                     |
| S72 |   |           |                         | Argilassépica e silassépica (massépica, esquelssépica e vossépica) | Não resolvível (fraca)            |                     |
| S73 |   |           |                         | Argilassépica, silassépica (massépica, vossépica e esquelssépica)  | Não resolvível (fraca e moderada) |                     |
| S74 |   |           |                         | Argilassépica e silassépica (massépica, vossépica, esquelssépica)  | Não resolvível (fraca)            |                     |
| S75 |   |           |                         | Silassépica (massépica, vossépica e esquelssépica)                 | Não resolvível (moderada)         | Manchada e estriada |



## D) Descrição de Pedalidade:

| Am  | Agregação | Grau de desenvolv. | Grau de Acomodação | Forma            | Tamanho       | Micro-estrutura                | Frequência       |                    |
|-----|-----------|--------------------|--------------------|------------------|---------------|--------------------------------|------------------|--------------------|
| S1  | Pédico    | Fracamente         | Acomodados         | Blocos e laminar | Muito pequeno | Maciça e fissurada             | Baixa            |                    |
| S2  |           |                    |                    | Laminar          |               | Clastos suportados e fissurada |                  |                    |
| S3  |           |                    |                    | Blocos e laminar |               | MB                             |                  |                    |
| S4  |           |                    |                    |                  |               |                                |                  |                    |
| S5  |           |                    |                    |                  |               |                                |                  |                    |
| S6  | Apédico   |                    |                    |                  |               |                                |                  |                    |
| S7  |           |                    |                    |                  |               |                                |                  |                    |
| S8  |           |                    |                    |                  |               |                                |                  |                    |
| S9  |           |                    |                    |                  |               |                                |                  |                    |
| S10 |           |                    |                    |                  |               |                                |                  |                    |
| S11 | Pédico    | Fracamente         | Acomodados         | Blocos           | Muito pequeno | Fissurada e maciça             | Baixa            |                    |
| S12 |           | Blocos             |                    | Frequente        |               |                                |                  |                    |
| S13 |           | Moderado           |                    |                  |               |                                | Blocos e laminar |                    |
| S14 |           | Muito fraco        |                    | Laminar          |               | Matriz suportada e fissurada   | Baixa            |                    |
| S15 |           | Fraco a moderado   |                    | Blocos e laminar |               |                                |                  |                    |
| S16 |           | Fracamente         |                    | Frequente        |               |                                |                  |                    |
| S17 |           |                    |                    |                  |               |                                |                  |                    |
| S18 |           |                    |                    |                  |               |                                |                  |                    |
| S19 | Apédico   |                    |                    |                  |               |                                |                  |                    |
| S20 |           |                    |                    |                  |               |                                |                  |                    |
| S21 |           |                    |                    |                  |               |                                |                  |                    |
| S22 |           |                    |                    |                  |               |                                |                  |                    |
| S23 |           |                    |                    |                  |               |                                |                  |                    |
| S24 | Pédico    | Fracamente         | Acomodados         | Blocos e laminar | Muito pequeno | Matriz suportada e fissurada   | Baixa            |                    |
| S25 |           |                    |                    | Laminar          |               |                                | Frequente        |                    |
| S26 |           |                    |                    |                  |               |                                | Baixa            |                    |
| S27 |           |                    |                    |                  |               |                                | Frequente        |                    |
| S28 |           |                    |                    |                  |               |                                |                  |                    |
| S29 | Apédico   |                    |                    |                  |               |                                |                  |                    |
| S30 |           |                    |                    |                  |               |                                |                  |                    |
| S31 |           |                    |                    |                  |               |                                |                  |                    |
| S32 | Pédico    | Fracamente         | Acomodados         | Laminar          | Muito pequeno | Maciça e fissurada             | Frequente        |                    |
| S33 |           |                    |                    |                  |               | Clastos suportados e fissurada |                  |                    |
| S34 |           |                    |                    |                  |               | Fissurada                      |                  |                    |
| S35 |           |                    |                    |                  |               |                                |                  | Moderado           |
| S36 |           | Fracamente         |                    | Laminar e blocos |               | Matriz suportada e fissurada   |                  |                    |
| S37 |           | Moderado           |                    |                  |               |                                |                  | Maciça e fissurada |
| S38 |           | Fracamente         |                    |                  |               |                                |                  |                    |
| S39 |           | Moderado           |                    |                  |               |                                |                  | Maciça e fissurada |
| S40 |           | Fracamente         |                    | Laminar          |               |                                |                  |                    |
| S41 |           |                    |                    | Laminar e blocos |               |                                |                  |                    |
| S42 |           |                    |                    | Blocos           |               |                                |                  |                    |

|     |         |                  |            |  |               |  |                                |                              |
|-----|---------|------------------|------------|--|---------------|--|--------------------------------|------------------------------|
| S43 | Pédico  | Fracamente       | Acomodados | Laminar                                | Muito pequeno | Clastos suportados e fissurada         | Baixa                          |                              |
| S44 |         |                  |            | Moderado                               |               | Laminar e blocos                       |                                | Matriz suportada e fissurada |
| S45 |         |                  |            |  |               |  |                                |                              |
| S46 |         | Fracamente       |            |  |               |  | Maciça e fissurada             | Comum                        |
| S47 |         |                  |            | Blocos e laminar                       |               |  |                                |                              |
| S48 |         |                  |            |  |               | Laminar                                |                                |                              |
| S49 |         | Blocos e laminar |            |  |               |  |                                |                              |
| S50 |         |                  |            | Blocos                                 |               |  |                                |                              |
| S51 |         |                  |            | Blocos e laminar                       |               |  |                                |                              |
| S52 |         | Laminar          |            | Maciça e fissurada                     |               |  |                                |                              |
| S53 |         | Blocos e laminar |            |  |               |  |                                |                              |
| S54 |         |                  |            |  |               |  |                                |                              |
| S55 |         | Fracamente       |            | Clastos suportados e fissurada         |               | Frequente                              |                                |                              |
| S56 |         | Moderado         |            | Maciça e fissurada                     |               | Comum                                  |                                |                              |
| S57 |         |                  |            |  |               |  |                                |                              |
| S58 |         |                  |            |  |               |  |                                |                              |
| S59 |         | Fracamente       |            | Clastos suportados e fissurada         |               |  |                                |                              |
| S60 |         |                  |            | Fissurada                              |               |  |                                |                              |
| S61 |         |                  |            | Clastos suportados e fissurada         |               | Frequente                              |                                |                              |
| S62 |         | Moderado         |            | Maciça e fissurada                     |               | Comum                                  |                                |                              |
| S63 |         |                  |            |  |               |  |                                |                              |
| S64 |         |                  |            | Fracamente                             |               |  | Clastos suportados e fissurada | Frequente Comum              |
| S65 |         | Moderado         |            | Fracamente                             |               | Frequente Comum                        |                                |                              |
| S66 |         |                  |            |  |               |  |                                |                              |
| S67 |         | Fracamente       |            | Clastos e matriz suportada e fissurada |               | Frequente                              |                                |                              |
| S68 |         |                  |            |  |               |  |                                |                              |
| S69 | Apédico |                  |            |  |               |  |                                |                              |
| S70 |         |                  |            |  |               |  |                                |                              |
| S71 |         |                  |            |  |               |  |                                |                              |
| S72 |         |                  |            |  |               |  |                                |                              |
| S73 |         |                  |            |  |               |  |                                |                              |
| S74 | Pédico  | Fracamente       | Acomodados | Laminar e blocos                       | Muito pequeno | Clastos e matriz suportada e fissurada | MB                             |                              |
| S75 |         |                  |            |  |               |  |                                |                              |

## E) Descrição de Cutãs:

| Am               | Tipo de Cutã         | Forma de Revestimento     | Natureza do Constituinte | Contraste        | Limites do Contato    | Fábrica Interna  |                 |                    | Classificação      |           | TIPO      |
|------------------|----------------------|---------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------|------------------|-----------------|--------------------|--------------------|-----------|-----------|
|                  |                      |                           |                          |                  |                       | Laminação        | Extinção        | Grau de orientação | Morfológica        | Genética  |           |
| <b>S1 a S5</b>   | de Poro              | Crescente                 | Ferri-argilãs            | Moderado         | Nítidos e difusos     | Não e micro      | Nítida a difusa | Moderada           | Simples            | Iluviação | <b>T1</b> |
|                  | H e C de Poro e grão | Típico e crescente        | Ferri-argilãs            | Fraco a moderado | Nítidos e difusos     | Microlaminado    | Difusa          | Fraca a moderada   | Simples e complexa | Iluviação | <b>T1</b> |
| <b>S6 a S8</b>   | de Grão              | De capeamento             | Ferri-argilãs            | Moderado         | Muito nítidos         | Acamado          | Ausente         | Médio              | Complexos          | Iluviação | <b>T1</b> |
|                  | de Poro              | Típico                    | Ferri-argilãs            | Fraco a moderado | Nítidos e difusos     | Não laminado     | Nítida e difuso | Fraca              | Simples            | Iluviação | <b>T2</b> |
|                  | Hipo de poro         | De capeamento e pendentes | Ferri-argilãs            | Moderado         | Nítidos               | Microlaminado    | Nítida          | Fraca              | Simples            | Iluviação | <b>T1</b> |
|                  | de Grão              | Típico                    | Ferri-argilãs            | Fraco a moderado | Nítidos               | Não laminados    | Ausente         | Fraco              | Simples            | Estresse  | <b>T3</b> |
|                  | de Poro              | Crescente                 | Ferri-argilãs            | Moderado         | Difusos               | Não laminados    | Difusa          | Fraco              | Simples            | Iluviação | <b>T1</b> |
|                  | Poro                 | Crescente                 | Ferri-argilãs            | Moderado         | Difusos               | Laminado         | Nítida          | Fraca              | Simples            | Iluviação | <b>T2</b> |
| <b>S9 a S10</b>  | de Poro              | Crescente                 | Ferri-argilãs            | Forte            | Muito nítidos         | Acamado laminado | Nítida e difusa | Forte e moderada   | Complexo           | Iluviação | <b>T1</b> |
|                  | de Poro              | Típico e crescente        | Ferri-argilãs            | Fraco            | Nítidos               | Não laminado     | Nítida          | Não resolvível     | Simples            | Iluviação | <b>T2</b> |
|                  | de Glébula           | Típico                    | Ferri-argilãs            | Fraco            | Nítidos               | Não laminada     | Difusa e nítida | Fraca              | Simples            | Iluviação | <b>T1</b> |
|                  | de Grão              | Capeamento                | Ferri-argilãs            | Leve             | Difusos               | Não laminado     | Difusa          | Não resolvível     | Simples            | Estress   | <b>T3</b> |
| <b>S11 a S12</b> | de Poro              | Típico e crescente        | Ferri-argilãs            | Moderado         | Muito nítido a difuso | Micro e laminado | Nítida          | Forte              | Complexo           | Iluviação | <b>T1</b> |
|                  | Hipo de Poro         | Típico e crescente        | Ferri-argilãs            | Fraco e leve     | Difusos               | Não laminado     | Difusa          | Fraca              | Simples            | Iluviação | <b>T2</b> |
|                  | de Grão              | Típico                    | Ferri-argilãs            | Leve             | Difusos               | Não laminado     | Difusa          | Fraca              | Simples            | Estresse  | <b>T3</b> |

|                  |                  |                      |               |                  |                  |                          |                 |                        |                    |           |           |
|------------------|------------------|----------------------|---------------|------------------|------------------|--------------------------|-----------------|------------------------|--------------------|-----------|-----------|
| <b>S13 a S14</b> | de Poro          | Típico e crescentes  | Ferri-argilãs | Fraco a moderado | Nítidos          | Laminado e microlaminado | Nítida          | Moderada               | Complexa e simples | Iluviação | <b>T1</b> |
|                  | de Poro          | de Crescimento       | Ferri-argilãs | Moderado         | Nítido e difusos | Não laminado             | Nítida          | Fraca                  | Complexa           | Iluviação | <b>T2</b> |
|                  | de Grão          | Capecamento          | Ferri-argilãs | Leve             | Nítidos          | Não laminado             | Difusa          | Fraca                  | Simples            | Stresse   | <b>T3</b> |
| <b>S15 a S16</b> | de Poro          | Típico e crescente   | Ferri-argilãs | Fraco a moderado | Difusos          | Microlaminado            | Difusa a nítida | Moderada               | Simples e complexa | Iluviação | <b>T1</b> |
| <b>S17 a S18</b> | de Poro e grão   | Típico e crescente   | Ferri-argilãs | Fraco a moderado | Difusos          | Microlaminado            | Nítida e difusa | Fraco e moderada       | Simples            | Iluviação | <b>T1</b> |
|                  | de Poro          | Típico e crescente   | Ferri-argilãs | Moderado         | Nítidos          | Laminado                 | Nítida          | Moderada a Forte       | Complexa           | Iluviação | <b>T1</b> |
| <b>S19 a S23</b> | H e Q de poro    | Típico e crescente   | Ferri-argilãs | Fraco            | Nítidos          | Não laminados e laminado | Difusa          | Fraca                  | Simples            | Iluviação | <b>T2</b> |
|                  | de Poro          | Típico e crescente   | Ferri-argilãs | Moderado         | Nítidos          | Microlaminado            | Difusa e nítida | Moderada a forte       | Simples            | Iluviação | <b>T1</b> |
|                  | de Poro          | Típico               | Ferri-argilãs | Fraco            | Difusos          | Não laminado             | Nítida          | Moderada               | Simples            | Iluviação | <b>T1</b> |
|                  | de Poro          | Típico               | Ferri-argilãs | Leve             | Nítidos          | Microlaminado            | Muito difusa    | Fraca                  | Simples            | Iluviação | <b>T1</b> |
| <b>S24 a S29</b> | de Poro          | Típico e pendente    | Ferri-argilãs | Moderado         | Nítidos          | Não laminado             | Nítida e difusa | Moderada               | Simples            | Iluviação | <b>T1</b> |
|                  | H e C de Poro    | Típico e pendente    | Ferri-argilãs | Fraco            | Difusos          | Não laminado e Laminado  | Difusa          | Fraca a moderada       | Complexos          | Iluviação | <b>T1</b> |
|                  | H e C de Poro    | Típico               | Ferri-argilãs | Moderado         | Difusos          | Laminado                 | Difusa          | Não resolvível e fraca | Simples            | Iluviação | <b>T2</b> |
| <b>S 30</b>      | H e C de Poro    | Típico crescentes    | Ferri-argilãs | Moderado         | Nítidos          | Não laminado e laminado  | Difusa          | Fraca                  | Simples            | Iluviação | <b>T2</b> |
|                  | de Poro          | Típico e crescente   | Ferri-argilãs | Leve             | Nítidos          | Microlaminado            | Nítida a difusa | Moderada               | Simples            | Iluviação | <b>T1</b> |
|                  | De grão          | Típicos              | Ferri-argilãs | Fraca            | Difusos          | Não laminado             | Difusa          | Não resolvível         | simples            | Stresse   | <b>T3</b> |
| <b>S31</b>       | H e C de Poro    | Típico e crescente   | Ferri-argilãs | Forte a moderado | Muito a nítidos  | Laminados                | Nítida          | Fraca                  | Simples            | Iluviação | <b>T2</b> |
|                  | de Grão          | Típicos              | Ferri-argilãs | Fraco            | Difusos          | Não laminado             | Difusa          | Não resolvível         | Simples            | Stresse   | <b>T3</b> |
|                  | de Poro          | Típicos e crescentes | Ferri-argilãs | Moderado         | Nítidos          | Não laminado             | Muito nítida    | Forte                  | Simples            | Iluviação | <b>T1</b> |
| <b>S32 a S37</b> | C, H e Q de Poro | Típico e crescente   | Ferri-argilãs | Forte            | Muito nítidos    | Não laminado             | Difusa          | Não resolvível         | Simples            | Iluviação | <b>T2</b> |

|                  |                       |                       |               |                  |                         |                              |                   |                        |                     |           |           |
|------------------|-----------------------|-----------------------|---------------|------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------|------------------------|---------------------|-----------|-----------|
|                  | Hipo poro             | Típico e crescente    | Ferri-argilãs | Fraca            | Difusos                 | Não laminado                 | Difusa            | Fraca                  | Simples             | Iluviação | <b>T1</b> |
|                  | de Grão               | Pendente e capeamento | Ferri-argilãs | Leve             | Difusos                 | Não laminado                 | Difusa            | Fraca                  | Simples             | Stresse   | <b>T3</b> |
|                  | C e H de Poro         | Típico                | Ferriargilãs  | Moderado a forte | Muito nítidos a Nítidos | Não laminado                 | Nítida e difusa   | Forte a moderada       | Simples e complexa  | Iluviação | <b>T1</b> |
|                  | de Grão               | Típico                | Ferri-argilãs | Fraco            | Nítidos                 | Não laminado                 | Difusa            | Não resolvível         | Simples             | Stresse   | <b>T3</b> |
| <b>S38 a S46</b> | C, H e Q de poro      | Típico e crescente    | Ferri-argilãs | Forte            | Nítidos                 | Laminado                     | Difusa            | não resolvível a fraca | Simples             | Iluviação | <b>T2</b> |
|                  | de Poro               | Crescente             | Ferri-argilãs | Forte            | Nítidos                 | Laminado                     | Nítida            | Forte                  | Complexa            | Iluviação | <b>T1</b> |
| <b>S47 a S49</b> | C e H de Poro         | Típico e crescente    | Ferri-argilãs | Forte            | Nítidos a muito nítidos | Laminado                     | Difusa            | Fraca a não resolvível | Complexa            | Iluviação | <b>T1</b> |
|                  | Grão                  | Típico                | Ferri-argilãs | Leve             | Muito difusos           | Não Laminado                 | Difusa            | Fraca                  | Simples             | Estresse  | <b>T3</b> |
| <b>S50 a S53</b> | C e H de Poro         | Típico e crescente    | Ferri-argilãs | Forte            | Nítidos a muito nítidos | Laminado                     | Difusa            | Fraca a não resolvível | Complexa            | Iluviação | <b>T1</b> |
|                  | de Grão               | Típico e crescente    | Ferri-argilãs | Fraco            | Nítidos                 | Não laminado                 | Ausente           | Não resolvível         | Simples             | Stresse   | <b>T3</b> |
| <b>S54 a S61</b> | de Poro               | Típico e crescente    | Ferri-argilãs | Moderado         | Nítidos                 | Não laminado                 | Nítida e difusa   | Fraca e moderada       | Complexa            | Iluviação | <b>T1</b> |
|                  | Poro, grão e agregado | Típico e crescente    | Ferri-argilãs | Moderado         | Nítidos                 | Não laminado e laminado      | Difusa e ausente  | Indeterminada e fraca  | Simples e complexos | Iluviação | <b>T1</b> |
|                  | Poro e grão           | Típico e crescente    | Ferri-argilãs | Moderado         | Muito nítidos           | Não laminados                | Nítida            | Forte e moderada       | Simples             | Iluviação | <b>T1</b> |
| <b>S 62</b>      | de Grão e Poro        | Típico e crescente    | Ferri-argilãs | Forte            | Nítidos e difusos       | Não laminado                 | Nítida            | Forte                  | Simples             | Iluviação | <b>T1</b> |
|                  | de Poro               | Crescente             | Ferri-argilãs | Leve             | Nítidos e difusos       | Laminado                     | Nítida            | Forte                  | Simples             | Iluviação | <b>T1</b> |
|                  | de Poro               | Típico                | Ferri-argilãs | Forte            | Nítidos                 | Laminado                     | Difusa            | Fraca                  | Simples             | Iluviação | <b>T2</b> |
|                  | de Poro               | Típico e crescente    | Ferri-argilãs | Fraco            | Difusos                 | Laminado e microlaminado     | Difusa            | Moderada               | Complexa            | Iluviação | <b>T1</b> |
| <b>S63 a S68</b> | C e H de Poro         | Típico e crescente    | Ferri-argilãs | Moderado         | Nítidos                 | Acamado                      | Ausente ou difusa | Indeterm. e fraca      | Simples e complexas | Iluviação | <b>T2</b> |
|                  | de Poro               | Crescente             | Ferri-argilãs | Fraco            | Nítidos                 | Não laminado e Microlaminado | Nítida            | Forte                  | Simples             | Iluviação | <b>T1</b> |

|                   |                      |                      |               |          |              |                              |                  |                           |                     |           |           |
|-------------------|----------------------|----------------------|---------------|----------|--------------|------------------------------|------------------|---------------------------|---------------------|-----------|-----------|
|                   | de Grão              | Típico               | Ferri-argilãs | Leve     | Difusos      | Não laminado                 | Difusa           | Não resolvível            | Simples             | Stresse   | <b>T3</b> |
|                   | de Poro              | Típico e crescente   | Ferri-argilãs | Moderado | Nítidos      | Laminado                     | Nítida           | Forte                     | Composta            | Iluviação | <b>T1</b> |
| <b>S69 a S70</b>  | de Poro              | Típico e crescente   | Ferri-argilãs | Moderado | Nítidos      | Não laminado e laminado      | Difusa e ausente | Não resolvível            | Simples             | Iluviação | <b>T2</b> |
|                   | de Poro e glóbula    | Típico e crescente   | Ferri-argilãs | Forte    | Nítidos      | Não laminado e microlaminado | Nítida           | Moderada                  | Simples             | Iluviação | <b>T1</b> |
|                   | de Poro              | Típico e crescente   | Ferri-argilãs | Forte    | Nítidos      | Laminados                    | Nítida           | Moderada                  | Complexos e simples | Iluviação | <b>T1</b> |
| <b>S71 e S72</b>  | de Poro              | Típico e crescente   | Ferri-argilãs | Moderado | Nítidos      | Não laminado e laminado      | Difusa e ausente | Indetermin. e não resolv. | Simples             | Iluviação | <b>T2</b> |
|                   | de Poro e glóbula    | Típico e crescente   | Ferri-argilãs | Forte    | Nítidos      | Não laminado e microlaminado | Nítida           | Moderada                  | Simples             | Iluviação | <b>T1</b> |
|                   | de Poro              | Típico e crescente   | Ferri-argilãs | Forte    | Nítidos      | Laminados                    | Nítida           | Moderada                  | Complexos e simples | Iluviação | <b>T1</b> |
| <b>S73</b>        | C e H Poro           | Típico e crescimento | Ferri-argilãs | Forte    | Muito nítido | Laminado e acamado           | Difusa e nítida  | Moderada a forte          | Complexa            | Iluviação | <b>T1</b> |
|                   | C e H poro           | Típico               | Ferri-argilãs | Forte    | Muito nítido | Não laminado                 | Ausente          | Não orientada             | Simples             | Iluviação | <b>T2</b> |
|                   | de Poro e grão       | Crescimento e típico | Ferri-argilãs | Moderado | Nítidos      | Microlaminado                | Nítida e difusa  | Moderada                  | Simples             | Iluviação | <b>T1</b> |
| <b>S74 e S 75</b> | de Poro              | Típico e crescente   | Ferri-argilãs | Moderado | Nítidos      | Laminados e acamados         | Nítida e difusa  | Moderada                  | Simples e complexa  | Iluviação | <b>T1</b> |
|                   | C e H de Poro e Grão | Típico e crescente   | Ferri-argilãs | Fraco    | Difusos      | Não laminado                 | Difusa           | Fraca a moderada          | Simples             | Iluviação | <b>T1</b> |